

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE PSICOLOGIA E DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO



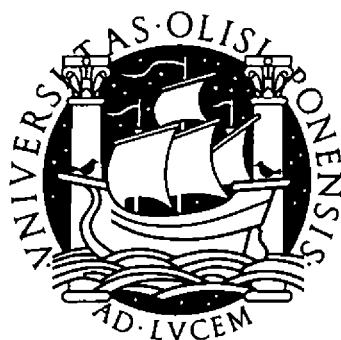
CARGA COGNITIVA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM AMBIENTES COLABORATIVOS ASSÍNCRONOS

Aníbal Neves Oliveira

MESTRADO EM CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
Área de especialização em Tecnologias Educativas

2007

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE PSICOLOGIA E DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO



Faculdade de Psicologia
e Ciências da Educação
Universidade de Lisboa
BIBLIOTECA

CARGA COGNITIVA NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM AMBIENTES COLABORATIVOS ASSÍNCRONOS

Aníbal Neves Oliveira

MESTRADO EM CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO

Área de especialização em Tecnologias Educativas

Dissertação orientada
pela Prof.^a Doutora
Guilhermina Miranda

2007

Agradecimentos

O primeiro agradecimento é dirigido à minha orientadora, Professora Guilhermina Miranda, que ao longo de todo o trabalho se disponibilizou para responder a todas as dificuldades que fui encontrando. O incentivo, as sugestões, os exemplos e as recomendações que me transmitiu foram indispensáveis para a conclusão deste trabalho.

O segundo agradecimento é dirigido ao amigo e colega Eduardo Serranho que se disponibilizou a incluir nas suas aulas a realização das actividades experimentais, e igualmente à direcção da Forino – Escola de Novas Tecnologias que as autorizou.

O terceiro agradecimento é dirigido aos alunos da turma EED7 do 2º semestre de 2007 que participaram neste estudo. Saliento o interesse e empenho que introduziram na realização das tarefas propostas.

Resumo

Este trabalho de investigação estuda o efeito dos problemas parcialmente resolvidos (worked examples) nos resultados das aprendizagens dos estudantes em ambientes virtuais, no contexto da teoria da carga cognitiva. Na fundamentação teórica apresentam-se os conceitos fundamentais da teoria da carga cognitiva e da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia e descrevem-se de forma sucinta as conclusões de vários estudos de investigação levados a cabo nos últimos 25 a 30 anos. No trabalho empírico descrevem-se duas experiências realizadas sobre o efeito exemplos de problemas parcialmente resolvidos, que se enquadram numa metodologia de investigação experimental e cujas conclusões estão de acordo com os estudos internacionais, mostrando que se aprende melhor quando se completam problemas parcialmente resolvidos antes de resolver problemas tradicionais.

Palavras-chave: carga cognitiva, carga cognitiva intrínseca, carga cognitiva estranha ou ineficaz, carga cognitiva adequada, efeito exemplos de problemas parcialmente resolvidos.

Abstract

This research study deals with worked examples effect on students' performance in a learning virtual experience in accordance with cognitive load theory framework. Cognitive load theory and multimedia learning theory essentials concepts are presented and exemplified as well as a short description of the conclusions of the research in the last 25 to 30 years. An empirical work regarding the effect of the worked examples is described utilizing two experiments under a quasi experimental design. The end results are in accordance with international research, proving that students learn better when they work on worked examples prior to solving traditional problems.

Key words: cognitive load theory, intrinsic cognitive load, estraneous cognitive load, germane cognitive load, worked examples effect

Índice

Agradecimentos	II
Resumo	III
Abstract	IV
Introdução	6
Fundamentação teórica	9
Trabalho empírico – O efeito exemplos resolvidos na aprendizagem	35
Referências	61
Glossário	64
Anexos	
Anexo 1	Comunicação com Fred Paas relativa a <i>rating scales</i>
Anexo2	Entrada na plataforma
	Entrada no curso
	Descrição do curso
Anexo 3	Sessão 1: problema parcialmente resolvido e problema para resolver
	Sessão 2: problema parcialmente resolvido e problema para resolver
Anexo 4	Rating scale
Anexo 5	Exemplo de um registo de resultados
Anexo 6	Recolha de dados e respectivo tratamento estatístico
Anexo 7	Guião do questionário utilizado na entrevista aos alunos
	Transcrição de uma resposta

Introdução

Aprendemos ao longo da vida. Frequentemente estamos envolvidos em actos de aprendizagem sem ter verdadeiramente consciência dos meios em que nos apoiamos, quer seja para passar a utilizar um novo equipamento, a compreender um fenómeno ou a explicar um acontecimento. Na permanente vontade de entender a realidade, experimentamos, construímos experiências, testamos hipóteses, criamos teorias. Utilizar bem os meios necessários e adequados para aprender, é um passo essencial para aprender mais e melhor.

A vertiginosa evolução dos sistemas e equipamentos informáticos tem vindo a criar novos desafios e a abrir novas oportunidades nos negócios, mas também na comunicação e na forma como se comunica, designadamente em todas as actividades ligadas à transmissão de saberes e consequentemente às realizadas por quem aprende. A preocupação em acompanhar esta evolução tem estado bem presente nos programas de governos e de organizações internacionais, como por exemplo na chamada Estratégia de Lisboa da União Europeia. Ao nível pessoal todos somos sensíveis às potencialidades que os computadores e a internet nos oferecem tanto ao nível do nosso trabalho diário como da facilidade com que recolhemos informações, comunicamos com os outros ou nos divertimos. Todos estes recursos nos colocam perante desafios que para serem ganhos exigem que tenhamos um conhecimento razoável do modo como retemos e utilizamos a informação que recebemos.

Estas novas realidades têm provocado consequências inevitáveis nas actividades de ensino e de aprendizagem, quer em ambientes presenciais quer à distância, porque o ensino/aprendizagem suporta-se cada vez mais na utilização das tecnologias da informação e comunicação. Então para que as aprendizagens sejam significativas, devemos estar intencionalmente envolvidos na realização de tarefas com significado, que contêm actividades de aprendizagem activa, construtiva, intencional, autêntica e cooperativa. As tarefas de aprendizagem com significado mais consistente estão associadas à resolução de problemas

(Jonassen, Howland, Moore, & Marra, 2003). Deste modo, resolver problemas pode ser o tipo de actividade de aprendizagem mais expressivo, porque exige do interveniente a compreensão do problema, bem como das várias opções de solução, resultados e inferências (Jonassen, Howland, Moore, & Marra, 2003).

Aprender com tecnologias requer uma utilização criteriosa e fundamentada dos enormes recursos que as tecnologias de informação e comunicação nos oferecem actualmente, dado que a preparação dos materiais de instrução deve respeitar os princípios da nossa arquitectura cognitiva.

A teoria da carga cognitiva (*cognitive load theory* – CLT) resultante dos trabalhos de investigação de John Sweller e Paul Chandler refere-se ao desenvolvimento de métodos de instrução que utilizam com eficiência as limitadas capacidades do processamento cognitivo de forma a estimular o engenho para aplicar os conhecimentos e as habilidades a novas situações (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003).

A utilização frequente de computadores com elevados desempenhos e recursos multimédia mais sofisticados e poderosos, deu origem a vários trabalhos de investigação que fundamentaram a teoria da aprendizagem multimédia, cujos nomes mais associados são os investigadores Richard Mayer e Roxana Moreno.

A teoria da carga cognitiva e a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia podem considerar-se como abordagens de uma teoria mais geral que se identifica como teoria do processamento da informação e fundamentam-se numa arquitectura cognitiva que consiste numa memória de trabalho limitada, com unidades de processamento parcialmente independentes associadas à informação visual/espacial e auditivo/verbal, que interage com uma memória de longo prazo comparativamente ilimitada (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003).

As características das abordagens da carga cognitiva e da aprendizagem multimédia permitem que sejam consideradas como teorias, uma vez que se verifica que são sistemas dedutivos exactos, dado que o conjunto dos constructos necessários à compreensão dos mecanismos ou fenómenos presentes em actividades de aprendizagem estão firmemente e suficientemente organizados (Anderson, 1983).

As tecnologias são ferramentas cada vez mais indispensáveis e cada vez mais presentes nas actividades de instrução pelo que torna-se fundamental saber se os estudantes aprendem mais e melhor quando realizam tarefas de resolução de problemas em ambientes virtuais.

A construção destas tarefas pode ser feita tendo em consideração as conclusões dos vários trabalhos de investigação, cuja descrição mais detalhada será feita no ponto seguinte, fundamentação teórica, e que foram realizados no âmbito da teoria da carga cognitiva anteriormente referida. Desta forma optou-se, neste trabalho, por testar a teoria da carga cognitiva (1980) comparando os resultados de desempenho na resolução de problemas em diferentes formatos de instrução num ambiente colaborativo virtual de aprendizagem assíncrono, assim chamado porque os passos necessários para a realização das tarefas podem não ocorrer simultaneamente.

Como professor do Ensino Secundário integrado no grupo de docência que é responsável pela leccionação de disciplinas técnicas da área da Electrónica e Electrotecnia, tenho a curiosidade natural em testar o impacto que diferentes desenhos de tarefas têm no modo como os alunos aprendem. Nos cursos tecnológicos ou profissionais destas áreas são leccionadas diferentes disciplinas, desde o estudo de circuitos eléctricos à execução ou construção de pequenos equipamentos eléctricos ou electrónicos, onde a resolução de problemas é uma prática comum. A disciplina de Sistemas Digitais faz parte de qualquer plano de estudos destes cursos, os respectivos conteúdos têm um maior ou menor desenvolvimento de acordo com os objectivos finais definidos, aborda temas que vão do

estudo dos circuitos lógicos, como por exemplo os que comandam os semáforos num cruzamento, até à execução de sistemas de automação complexos, como os de uma casa inteligente ou os de um robot, pelo que as actividades de resolução de problemas são tarefas indispensáveis e frequentes em qualquer percurso formativo na disciplina de Sistemas Digitais. Tendo em conta o conceito de modelo (Anderson, 1983), as actividades de resolução de problemas podem ser consideradas como modelos da teoria da carga cognitiva uma vez que são a sua aplicação a um fenómeno específico que é a aprendizagem em ambiente virtual.

Atendendo à natureza empírica deste trabalho de investigação e à especificidade da intervenção optou-se por apresentar o trabalho na forma de artigo de investigação longo por parecer o mais adequado no contexto descrito.

Fundamentação teórica

Conceitos e investigação na teoria da carga cognitiva

No final dos anos setenta, início dos anos oitenta, experiências realizadas na resolução de problemas do tipo quebra-cabeça mostraram que apesar dos sujeitos envolvidos conseguirem encontrar as soluções dos problemas propostos, eram incapazes de descrever as regras simples que tinham utilizado (John Sweller & Chandler, 1991). Os resultados das investigações explicam-se pelo facto de que quando se resolve um problema novo utilizando uma estratégia de avanço e recuo (*means-ends*), a atenção está muito mais direccionada para a estratégia do que para as relações entre os passos usados na resolução do problema, não permitindo a apreensão das respectivas regras.

No início da década de oitenta, a teoria dos esquemas tornou-se a teoria predominante para a explicação das diferenças entre sujeitos inexperientes e mais experientes, na capacidade de resolver problemas (John Sweller & Chandler, 1991). Em consequência daqueles trabalhos foi possível aceitar que os sujeitos inexperientes utilizavam uma estratégia de avanço e recuo

na resolução dos problemas, enquanto que os mais experientes usavam esquemas de resolução previamente adquiridos.

A técnica comum utilizada na resolução convencional de problemas não era muito eficaz já que muitos recursos cognitivos eram empregues na estratégia de resolução por avanço e recuo, recursos que não contribuíam para a aquisição de um esquema de resolução. Aprender a classificar os problemas e as respectivas fases intermédias na resolução, de acordo com as regras apropriadas, reduz a carga cognitiva e facilita a aquisição de esquemas de resolução.

Carga cognitiva intrínseca, estranha, adequada e total. A aprendizagem pode definir-se como a codificação e armazenamento do conhecimento e das aptidões na memória de longo prazo (*long-term memory* – LMT), de tal modo que esse conhecimento e essas aptidões possam ser recuperadas e aplicadas mais tarde quando o desejarmos.

Em situações normais temos uma grande capacidade para aprender e mostrar ao longo da vida que adquirimos aptidões e conhecimentos tão variados como andar, ler, escrever ou utilizar um telemóvel.

Em todas estas actividades o papel, a capacidade e as qualidades das memórias sensoriais e da memória de trabalho (*working memory* – WM) permanecem, normalmente, inalterados e limitados no processamento da informação recebida (Miller, 1956). A memória de trabalho é constituída por uma unidade central que coordena dois sub-sistemas: o bloco visio-espacial (*visuospacial sketchpad*) para a informação visio-espacial como um texto escrito ou uma imagem e o ciclo fonológico (*phonological loop*) para a informação fonológica como o texto falado ou a música (A. Baddeley, 2003).

É na base do conhecimento existente na memória de longo prazo que reside a “força motora” responsável pelo desempenho daquelas aptidões, cuja capacidade de aquisição é ilimitada.

A ilustração da figura 1 mostra a relação entre os vários elementos referidos.

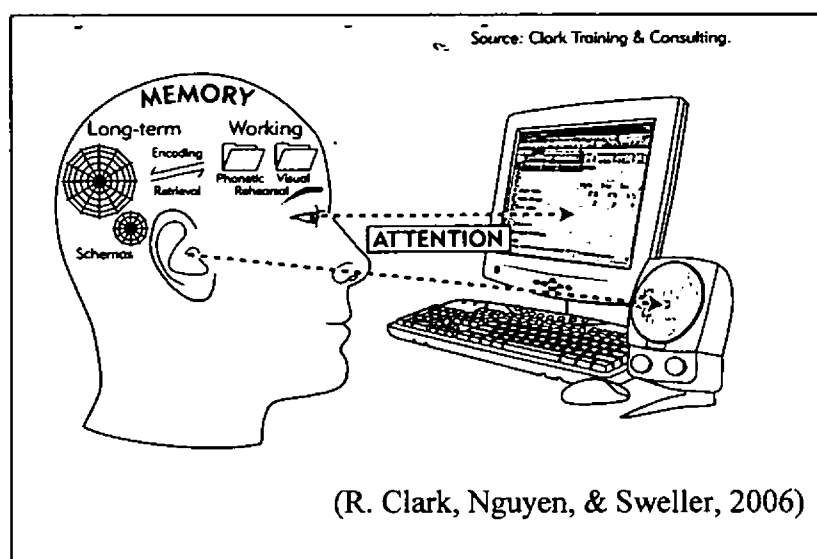


Figura 1. Visão geral do processo cognitivo de aprendizagem

A base do conhecimento existente na memória de longo prazo é suportada por uma rede estruturada da informação e admite-se que existe sob a forma de esquemas (Kirschner, 2002). Um esquema pode incorporar uma quantidade significativa de informação, embora seja processada como uma unidade singular na memória de trabalho. Os esquemas podem integrar elementos de informação e regras de produção tornando-se automáticos, o que diminui a quantidade de informação armazenada e favorece o processamento controlado. O desempenho qualificado consiste na construção de um maior número de esquemas progressivamente mais complexos, que se atinge pela combinação de elementos de esquemas de baixo nível transformando-os em esquemas de alto nível. A construção de esquemas contribui para o armazenamento e a organização da informação na memória de longo prazo e reduz a carga na memória de trabalho.

A carga cognitiva refere-se à actividade mental a que a memória de trabalho está sujeita em cada instante e é formada pela carga cognitiva intrínseca (*intrinsic cognitive load* - ICL) ,

relativa à natureza da informação, e pela carga cognitiva estranha ¹(*extraneous cognitive load* - ECL) dependente do modo como a informação é apresentada (figura 2):

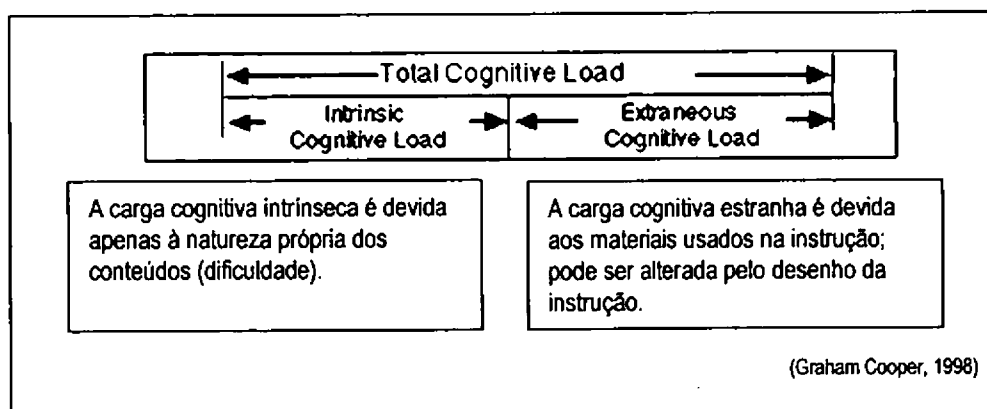
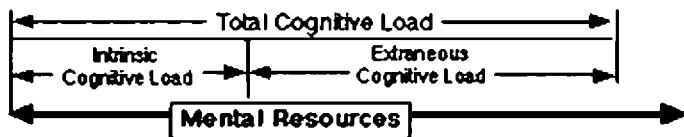


Figura 2. Carga cognitiva intrínseca e carga cognitiva estranha

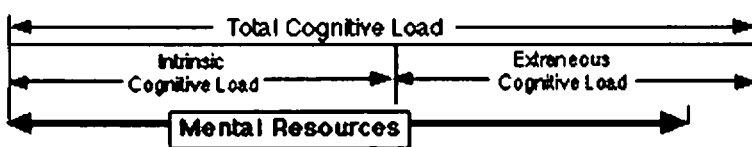
A concepção (desenho / design) de recursos para a aprendizagem que não utilize toda a capacidade da memória de trabalho, isto é, com baixa carga cognitiva intrínseca e um nível de carga cognitiva estranha baixo, utilizando materiais para a aprendizagem com procedimentos de instrução adequados, encoraja os estudantes a envolverem-se no processo cognitivo que é directamente relevante na construção de esquemas, fundamental na aprendizagem (figura 3):

¹ Optou-se por traduzir “extraneous cognitive load” como carga cognitiva estranha, dado que nos originais em língua inglesa aquela designação representa a carga cognitiva externa que é estranha ou estrangeira. O significado do termo “extraneous” está descrito no dicionário Oxford – Advanced Learner’s Dictionary como “not directly connected with the particular situation you are in or the subject you are dealing with”. O significado de estranho como algo indesejável ou ineficaz expressa verdadeiramente o conceito, pelo que parece adequado utilizar, também, esses sinónimos sempre que se pretender realçar essa característica.

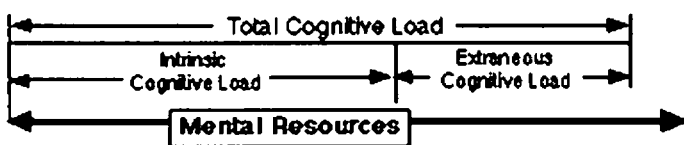
Quando a carga cognitiva intrínseca é baixa (conteúdos simples), os recursos mentais disponíveis são suficientes para permitir que um aluno aprenda, independentemente do tipo de materiais de instrução, mesmo que estes imponham uma carga cognitiva estranha elevada:



Se a carga cognitiva intrínseca é elevada (conteúdos difíceis), e se a carga cognitiva estranha também é elevada, então a carga cognitiva total pode exceder a capacidade dos recursos disponíveis e o processo de aprendizagem pode falhar:



Alterando o tipo de materiais para a aprendizagem, de modo a fazer baixar a carga cognitiva estranha, a carga cognitiva total baixa, o que facilitará a aprendizagem, pois desta forma a carga total situa-se dentro dos limites dos recursos mentais disponíveis:



(Graham Cooper, 1998)

Figura 3. Relação entre os recursos mentais e a carga cognitiva total

Ao esforço de quem aprende durante o processamento e compreensão dos materiais utilizados chama-se carga cognitiva adequada (*germane cognitive load* - GCL) (Brunken, Plass, & Leutner, 2003).

O desenvolvimento recente da teoria da carga cognitiva (cognitive load theory – CLT) considera duas fontes de carga cognitiva quando quem aprende tem de processar materiais de instrução de forma a concluir tarefas de aprendizagem (Paas, Renkl, & Sweller, 2003):

- Carga intrínseca (ICL) relativa ao procedimento das tarefas de instrução; está relacionada com a complexidade dos próprios conteúdos, isto é, com o número de elementos de informação e a respectiva interactividade.

- Carga extrínseca formada por duas sub-categorias:
 - Carga estranha ou ineficaz (ECL) que é influenciada pelo formato da instrução, a apresentação dos materiais ou a estrutura das tarefas de aprendizagem, e que não contribui para a aprendizagem.
 - Carga adequada ou eficaz (GCL) que promove a construção do esquema cognitivo que é o objectivo final das aprendizagens profundas.

As cargas intrínseca, estranha e adequada são consideradas aditivas no sentido de que em conjunto a carga total não pode exceder os recursos de memória para que a aprendizagem tenha lugar (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003).

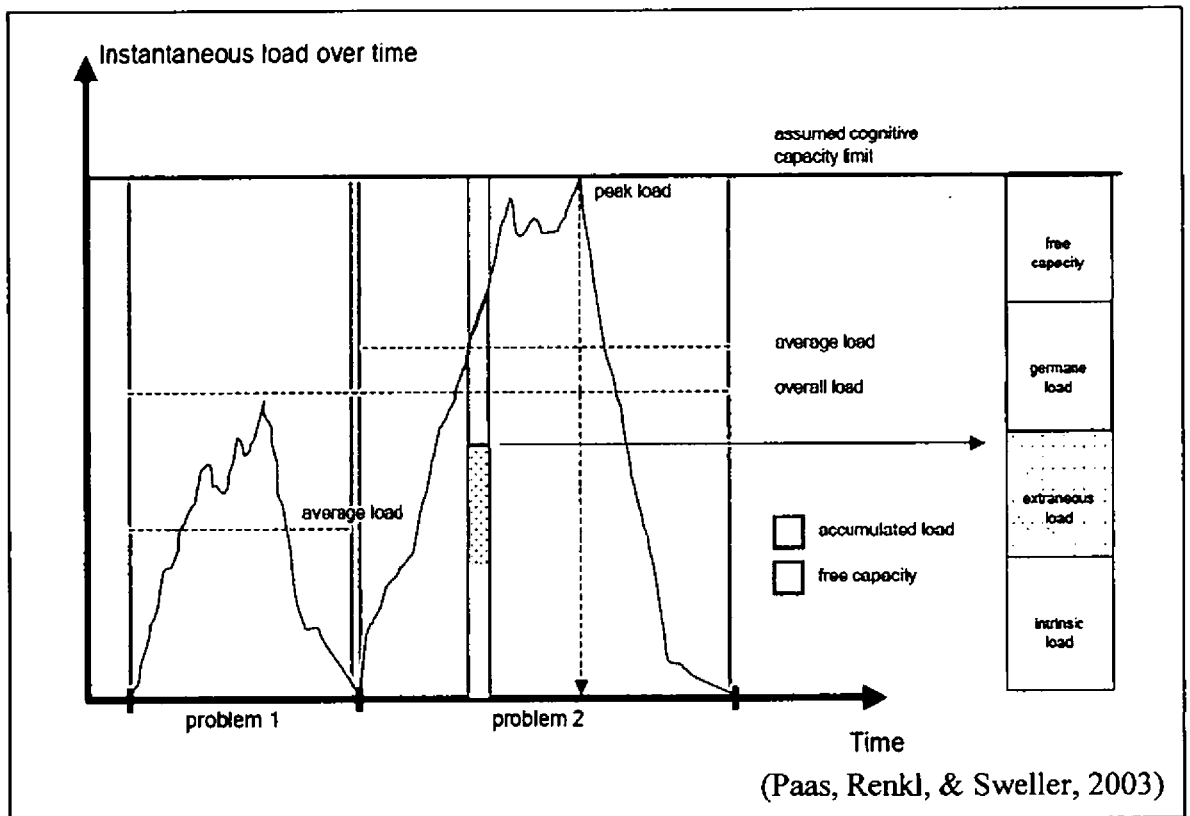


Figura 4. Atributos da carga cognitiva e quadro de referência das definições da carga cognitiva

Na figura 4 distingue-se entre carga instantânea (*instantaneous load*), carga de pico (*peak load*), carga acumulada (*accumulated load*), carga média (*average load*) e carga global (*overall load*) segundo um quadro de referência detalhado apresentado por Xie e Salvendy

(2000). A carga instantânea representa a carga cognitiva dinâmica que varia a cada momento de acordo com a tarefa. A carga acumulada é o valor total da carga que o estudante sente durante a realização de uma tarefa. Matematicamente pode definir-se como a integração da carga instantânea durante o intervalo de tempo gasto na realização da tarefa, isto é, a área sob a curva. A carga média representa o valor médio da intensidade da carga durante o desempenho de uma tarefa. A carga global representa a carga sentida ao longo de toda a tarefa. Do ponto de vista da teoria da carga cognitiva, tanto a carga instantânea como as medições derivadas ou a carga global podem ser úteis na obtenção de uma visão dinâmica detalhada da carga cognitiva dentro e ao longo do desempenho das tarefas (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003).

A redução da carga cognitiva estranha pode ser concretizada com um desenho cuidadoso dos recursos destinados à aprendizagem, respeitando algumas orientações resultantes dos efeitos verificados nas investigações de Chandler e Sweller (2001), que se descrevem nos sub-tópicos que se seguem.

Métodos de redução da carga cognitiva estranha

O efeito meta não especificada (goal-free effect). Para testar a hipótese de que a resolução de problemas com uma estratégia de avanço e recuo (means-ends) interfere com a aprendizagem, conceberam-se problemas com um enunciado diferente daquele a que estamos mais habituados, onde o pedido do problema não é especificado, como num exemplo de geometria onde em vez de se pedir o valor do ângulo X, se pede para calcular os valores de tantos ângulos quantos o aluno possa calcular.

Os testes levados a cabo mostraram que a carga cognitiva foi reduzida durante a resolução deste tipo de problemas, quando comparada com a forma tradicional de os resolver, pois o tempo de aquisição e os erros cometidos foram reduzidos, tendo o grupo dos sujeitos

submetido a este teste apresentou melhores desempenhos. Sweller (1988) forneceu provas adicionais de suporte a esta teoria incluindo modelos computacionais.

O efeito exemplos resolvidos (worked examples effect). (J. Sweller & Cooper, 1985) e (G. Cooper & Sweller, 1987) confirmaram o prognóstico de que o estudo de exemplos de problemas resolvidos facilita a aprendizagem quando comparada com a resolução tradicional de problemas equivalentes.

Embora o estudo de exemplos de problemas resolvidos tenha características diferentes do que se verifica na resolução de problemas sem pedidos específicos, existe, também aqui, uma orientação da atenção para os vários estados de resolução e para os respectivos passos intermédios, eliminando-se a carga associada à resolução dos problemas utilizando a estratégia do avanço e recuo (means-ends).

Enquanto que o recurso à resolução de problemas sem pedidos específicos é uma alternativa eficaz à resolução convencional, a aplicação desse método está limitada a situações onde o número de soluções é pequeno. Quando esse número de soluções aumenta, aumenta também o número de alternativas em cada passo, o que torna esta técnica impraticável para fins pedagógicos (Graham Cooper, 1998).

É nesta perspectiva que os exemplos de problemas resolvidos se apresentam como uma técnica alternativa, que promove a aquisição do conhecimento e de aptidões de forma a permitir a identificação de tipos de problemas, a relembrar os passos ordenados necessários à resolução e a concretizar cada um desses passos sem erro.

O estudo deste tipo de exemplos necessita de um baixo nível de carga cognitiva, porque a atenção está direccionada apenas para os dois passos sequenciais e para as regras que se aplicam na transição de um passo para o seguinte.

O efeito atenção dividida (split-attention effect). A importância da teoria da carga cognitiva é evidenciada, talvez da forma mais significativa, nos estudos experimentais que se

seguiram àqueles onde foram analisados os exemplos de problemas resolvidos. Verificou-se que nem todos os exemplos de problemas resolvidos eram eficazes na aprendizagem e que por vezes nada se ganhava comparativamente à resolução tradicional. Foi então sugerido que a razão pela qual existia esta falta de eficácia era a elevada carga cognitiva estranha semelhante à necessária na resolução de problemas pela estratégia do avanço e recuo (means-ends).

Sweller, Chandler, Tierney, e Cooper (1990) demonstraram que o estudo de problemas resolvidos, que requer dos estudantes a integração de fontes de informação dispersas e com referências mútuas, não é melhor do que resolver problemas equivalentes pelo método tradicional. Eliminar este efeito de atenção dividida, integrando fisicamente fontes de informação dispersas, resulta na introdução, de novo, do efeito dos exemplos de problemas resolvidos (John Sweller & Chandler, 1991).

A teoria da carga cognitiva permitiu, desta forma, ajudar a compreender os resultados destas experiências, pois não se fazia ideia porque razão alguns exemplos de problemas resolvidos conduziam a bons resultados enquanto outros não. Por este motivo as técnicas para transformar exemplos de problemas resolvidos pouco eficazes em eficazes nunca teriam sido legadas.

Frequentemente, recursos utilizados na aprendizagem apresentam componentes gráficos e texto. Convencionalmente os textos são colocados ao lado, por cima ou por baixo da imagem respectiva. Tais elementos introduzem o efeito de atenção dividida porque requerem do aluno a atenção para a imagem e para o texto dado que cada um, só por si, não possui a informação suficiente para que se alcance a compreensão. Esta só pode ser atingida quando o aluno integrar mentalmente as várias fontes de informação. Como a parte da memória de trabalho necessária para a integração da imagem e do texto não está disponível para o processo de aprendizagem, este não é eficaz (Graham Cooper, 1998).

O exemplo representado a seguir, na figura 5, retirado de Sweller, Chandler, Tierney, e Cooper (1990) é esclarecedor.

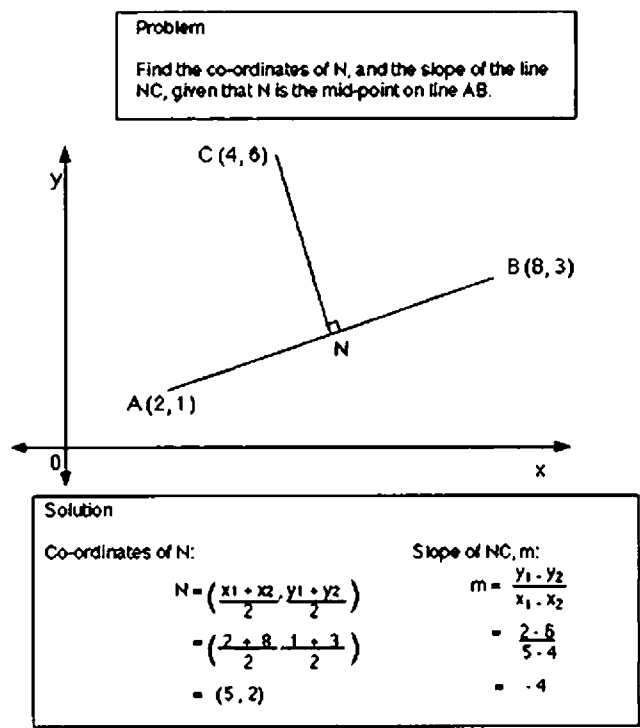


Figura 5. Exemplo que introduz o efeito de atenção dividida

Reestruturando a representação de forma a integrar a solução - um texto na imagem - dá origem a uma fonte de informação única, o que elimina o efeito de atenção dividida, como se pode observar na imagem, figura 6, que se segue.

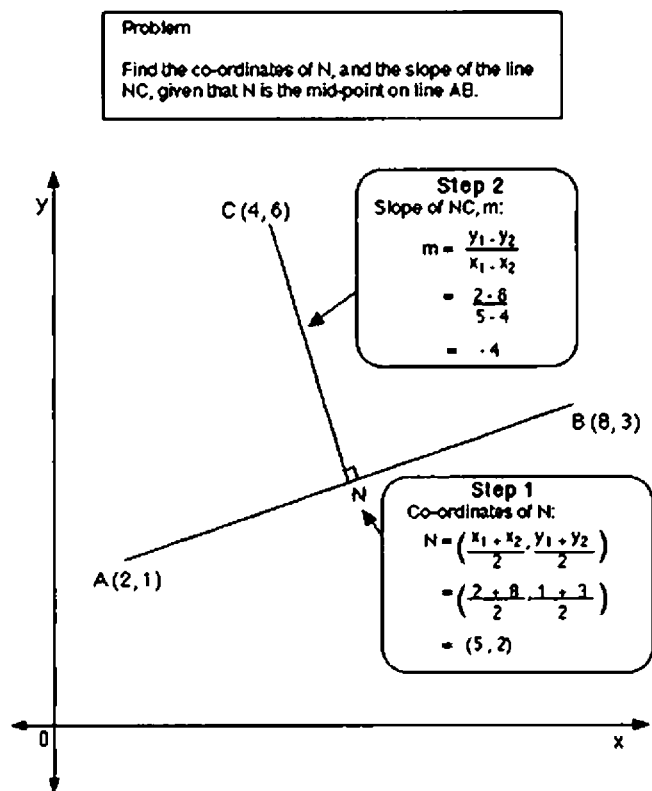


Figura 6. Exemplo que reduz o efeito de atenção dividida

Apresenta-se um novo exemplo, figura 7.

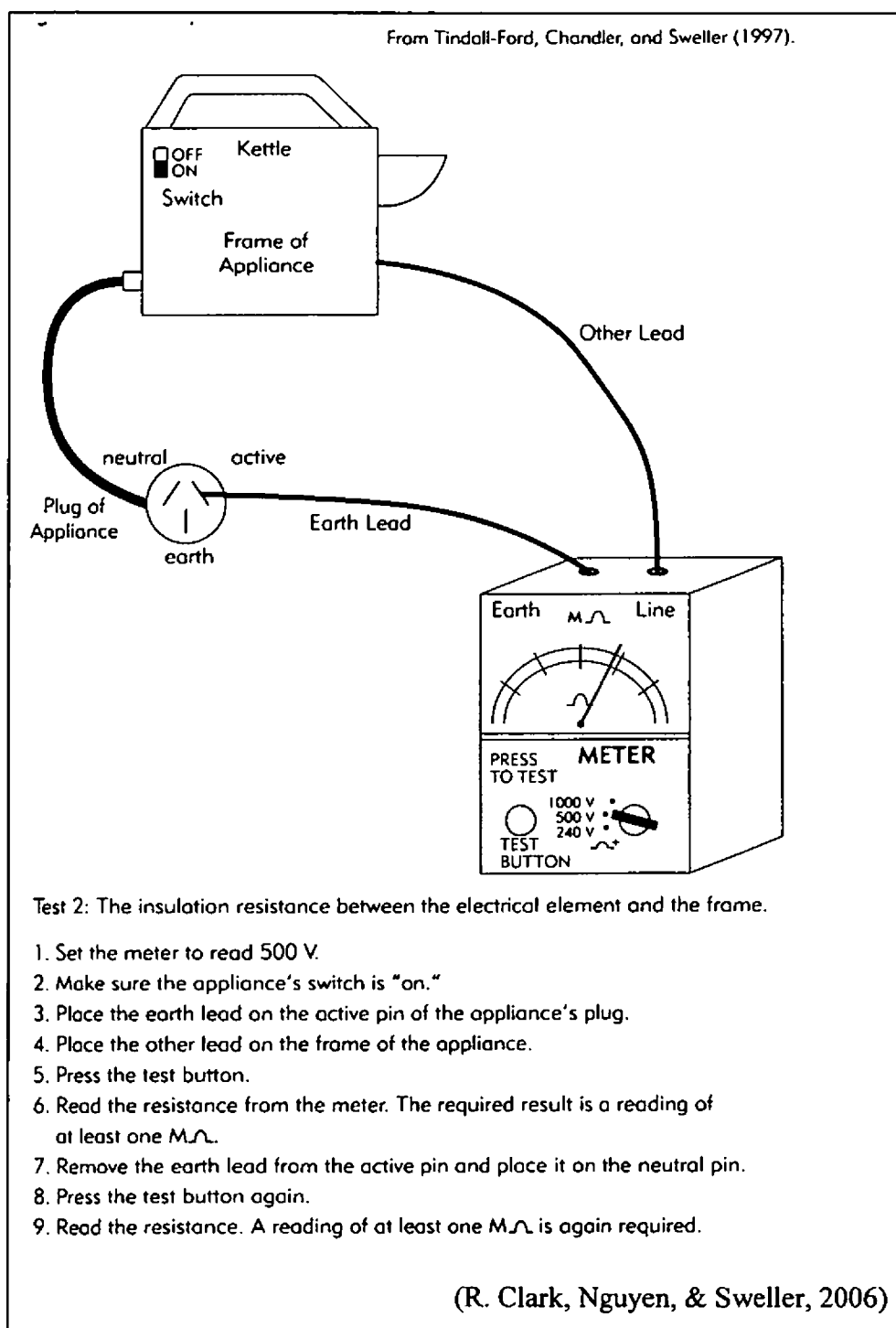


Figura 7. Exemplo que provoca o efeito de atenção dividida

A integração das instruções na parte gráfica permite uma melhor compreensão, o que torna a aprendizagem significativamente mais eficaz, figura 8.

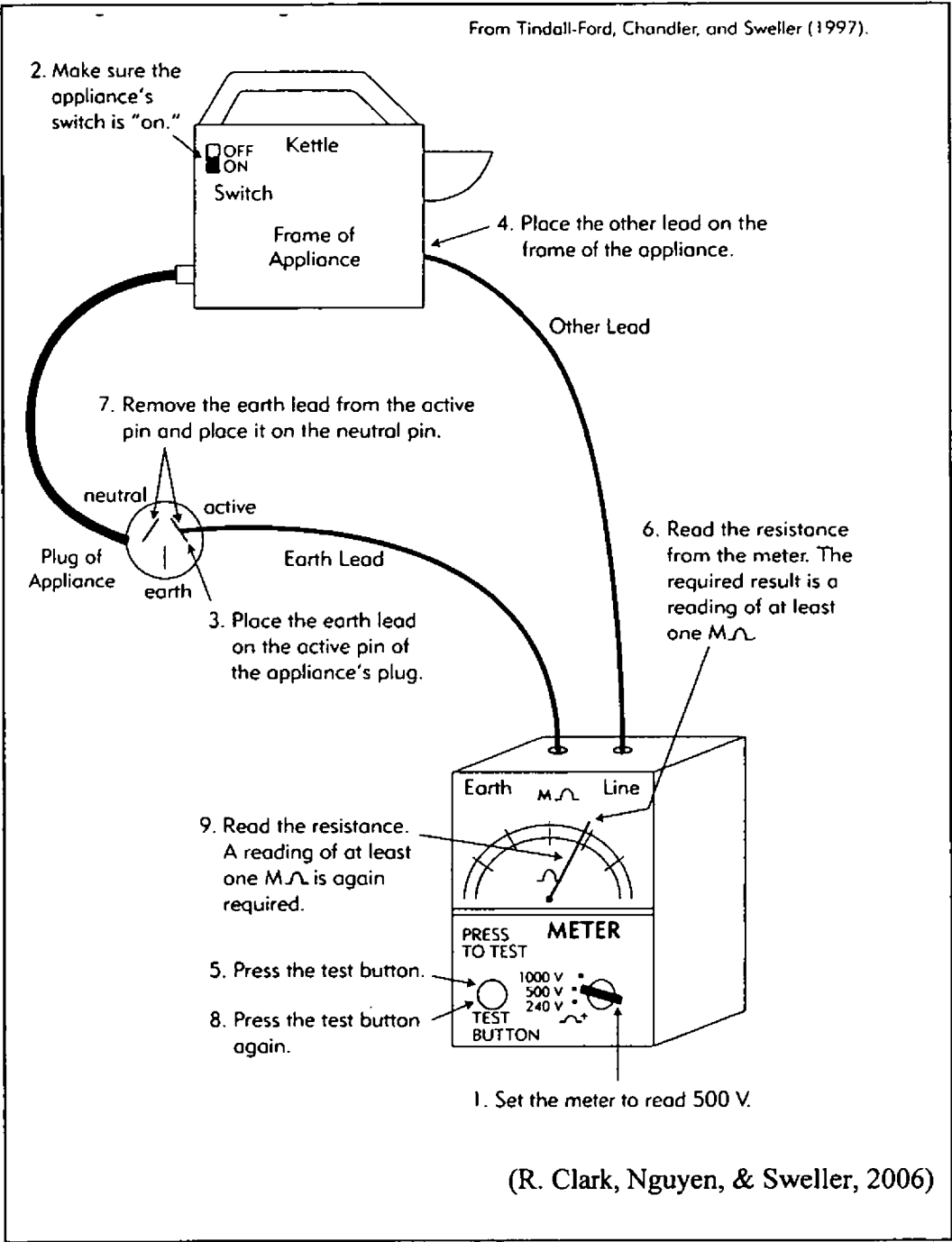


Figura 8. Exemplo que reduz o efeito de atenção dividida

O efeito de atenção dividida não se verifica apenas em situações onde temos texto e imagem como nos exemplos anteriores. Várias fontes de informação, mesmo que constituídas apenas por texto, podem evidenciar este efeito desde que exijam consideração simultânea.

Chandler e Sweller (1991) forneceram evidência de que o efeito de atenção dividida pode ocorrer quando se lê um tradicional “*paper*” que descreva uma investigação experimental. A secção que apresenta os resultados está separada da que apresenta a discussão e é necessário considerá-las simultaneamente para que se possa compreender a complexidade dos resultados e as respectivas consequências.

O efeito de redundância (*redudancy effect*). Chandler e Sweller (1991) demonstraram que os efeitos da integração de fontes de informação redundantes são mais negativas do que positivas. O processamento de uma fonte de informação requer o uso de recursos cognitivos, pelo que uma fonte de informação redundante, embora integrada fisicamente com uma fonte de informação essencial, obriga ao respectivo processamento e impõe uma carga cognitiva estranha suplementar que vai dificultar a aprendizagem.

Em situações onde a fonte de aprendizagem textual ou a fonte de aprendizagem gráfica oferecem inteligibilidade suficiente, então deve usar-se apenas uma, a textual ou a gráfica, e eliminar a outra que se torna redundante.

Gestão da carga cognitiva e aprendizagem

A investigação inicial da teoria da carga cognitiva tornou claro que a redução da carga cognitiva estranha (ECL), estudando exemplos de problemas parcialmente resolvidos ou resolvendo problemas sem meta especificada, ofereciam um modo mais eficaz de aprender tarefas cognitivas complexas do que resolver problemas convencionais (J. Sweller, 1999).

Contudo esta redução tem sido mal interpretada no sentido que a carga cognitiva dos estudantes deve ser mantida no valor mínimo durante o processo de aprendizagem. Na concepção dos materiais a utilizar na instrução deve ter-se em conta que reduzir a carga

cognitiva não é necessariamente benéfico, especialmente nos casos em que os limites da capacidade da memória de trabalho não são excedidos e a carga total pode ainda ser gerida. Enquanto é possível gerir esta carga não é o nível de carga que conta mas as suas fontes. Se a carga é imposta por actividades mentais que interferem com a construção ou automatização dos esquemas, isto é, ineficaz ou estranha, então tem efeitos negativos na aprendizagem. Se a carga é imposta por actividades mentais relevantes, ou seja, eficaz ou adequada, então tem efeitos positivos na aprendizagem (Paas, Renkl, & Sweller, 2004).

Manter a carga cognitiva estranha tão baixa quanto possível deve ser acompanhada por um aumento da carga cognitiva adequada fazendo uma boa gestão da carga cognitiva total.

Novas técnicas de instrução têm possibilitado melhor compreensão do problema do aumento da carga cognitiva adequada.

Contudo em certos ambientes de aprendizagem a carga cognitiva estranha pode estar limitada pela carga cognitiva adequada e por isso aumentá-la pode colocar dificuldades. Por exemplo num ambiente de aprendizagem baseado num hipertexto não linear, os esforços para reduzir a carga cognitiva estranha recorrendo a formatos lineares pode simultaneamente reduzir a carga cognitiva adequada pela cisão entre o exemplo comparativo e o processo de elaboração.

Pode, então, ser melhor focalizarmo-nos na redução da carga cognitiva intrínseca (Paas, Renkl, & Sweller, 2004).

A redução da carga cognitiva intrínseca tem-se tornado um importante objectivo das técnicas da instrução que realçam tarefas de aprendizagem autêntica, da vida real como motores da aprendizagem. Para prevenir o excesso de carga habitualmente associado a este tipo de tarefas, podem ser apresentadas aos estudantes tarefas mais simples, omitindo alguns elementos interactivos, mesmo que isto possa comprometer parcialmente a compreensão total (Pollock, Chandler, & Sweller, 2002). Por exemplo Merriënboer, Kirchner e Kester (2003)

defenderam que os aspectos intrínsecos da carga cognitiva podem ser reduzidos por um percurso de ligação do simples para o complexo.

Tem-se verificado que o próprio estudante enquanto principiante ou experimentado tem um efeito determinante nos resultados. Kalyuga, Ayres, Chandler e Sweller (2003) mostraram que o conhecimento do nível de experiência dos estudantes é indispensável no desenho dos materiais da instrução, de modo a categorizar a informação e as actividades do ponto de vista da carga cognitiva, como intrínsecas, estranhas ou adequadas e assim prever os resultados das aprendizagens. Uma carga cognitiva adequada para um estudante principiante pode ser uma carga cognitiva estranha para um experimentado. Por outras palavras a informação que é relevante no processo de construção de esquemas para um estudante principiante pode ser um impedimento desse processo num estudante experimentado. Esta verificação é conhecida como o efeito de reversão da perícia (*expertise reversal effect*). Assim verifica-se que as técnicas da instrução mais eficazes para estudantes principiantes são as mais ineficazes para estudantes experimentados, pelo que os procedimentos a aplicar na instrução devem ser modificados à medida que a perícia dos estudantes aumenta.

O efeito de reversão da perícia em combinação com a aplicação da teoria da carga cognitiva a cursos mais prolongados requer uma abordagem mais dinâmica, onde a instrução pode ser adaptada em tempo real aos níveis crescentes da perícia individual dos estudantes. Esta abordagem requer dois desenvolvimentos. Primeiro, são necessários métodos de avaliação dos níveis de experiência dos estudantes de modo a ter em conta a carga cognitiva. Segundo, é necessária investigação que indique como é que essas medidas podem promover formas adaptáveis de instrução que sejam eficazes, eficientes e apelativas, o que hoje tem a forma de eLearning adaptável (Merriënboer & Sweller, 2005).

Carga cognitiva na aprendizagem com recursos multimédia

Os ambientes de aprendizagem multimédia suportados por computador incluem imagens e texto. As imagens podem tomar a forma de animações e o texto pode ser narrado.

Constituem poderosos recursos que podem ajudar e melhorar a compreensão. Assim é natural que nos interroguemos sobre a melhor forma de utilizar estes meios para ajudar os estudantes na compreensão de fenómenos ou funcionamento de mecanismos científicos. Esta interrogação é tanto mais pertinente quanto se sabe que nem todo o tipo de recursos construídos com textos e imagens promovem aprendizagens significativas.

Uma abordagem destas questões pode ser sustentada em investigações sobre a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, que recorre à teoria da codificação dual, com suporte na teoria da carga cognitiva por um lado e na teoria construtivista da aprendizagem por outro (Kirschner, 2002).

Mayer e Moreno (2002) restringiram a sua investigação a três aspectos.

Primeiro, na explicação de como funcionam os sistemas físicos, biológicos ou mecânicos, uma vez que a explicação é a estrutura retórica básica e está no centro da educação científica; embora outras formas do conhecimento, tais como a narrativa, a descritiva ou a enumeração de factos tenham valor no estudo, a explicação nestas disciplinas é potencialmente mais significativa; nas mensagens multimédia explicam-se, passo a passo, as sucessivas operações num encadeamento de causa e efeito de modo que a mudança numa parte causa mudança noutra parte.

Segundo, na explicação sob a forma de apresentação multimédia formada por palavras e imagens, as palavras podem apresentar-se sob a forma narrativa ou aparecerem como texto escrito no écran; as imagens podem apresentar-se de forma fixa ou como animações ou mesmo vídeos; as palavras e as imagens são os elementos mais frequentes de representação e são fundamentais nas teorias duais do processamento da informação.

Terceiro, na utilização de ambientes de aprendizagem suportados por computador com o qual o estudante interage em frente ao monitor.

Estes autores focalizaram a investigação na transferência do conhecimento, isto é, na aplicação de conhecimentos e aptidões adquiridos na resolução de problemas a novas situações, após o processo de aprendizagem. Entendem que um aluno pode envolver-se activamente no processo cognitivo, construindo representações mentais com significado, sem que participe em actividades sociais ou comportamentais que o ajudem a construir as referidas representações pela colaboração com outros.

Da teoria da codificação dual ficámos a saber que fontes visuais e verbais são processadas em sistemas diferentes (J. M. Clark & Paivio, 1991; Paivio, 1986). O canal visual recebe informação a partir da visão e produz representações gráficas. O canal verbal recebe a informação pela audição e produz representações verbais. A teoria da carga cognitiva indica-nos que a capacidade de processamento das memórias de trabalho visual e verbal é muito limitada (A. D. Baddeley, 1992; Chandler & Sweller, 1991; J. Sweller, 1999).

Como a apresentação de muitos elementos para processamento provoca uma sobrecarga, que pode ser muito elevada, então alguns desses elementos podem não chegar a ser processados.

Igualmente, na perspectiva construtivista da aprendizagem sabemos que as aprendizagens significativas ocorrem quando os que aprendem seleccionam de forma activa a informação relevante, a organizam em representações coerentes e a integram com outros conhecimentos (Mayer, 1996, , 1999a; Wittrock, 1990). O esquema que se segue representa o fundamento da teoria cognitiva da aprendizagem multimédia.

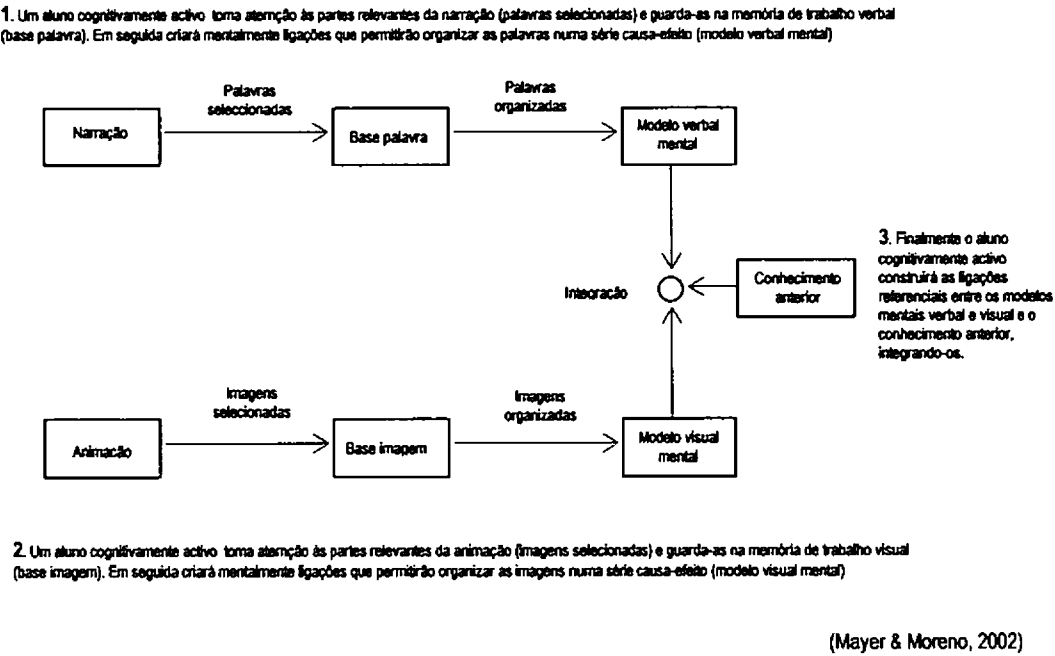


Figura 9. Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia

Se explicitarmos as fontes dos dados e a subsequente aquisição e tratamento, o esquema pode tomar o aspecto da figura 10, onde é evidenciada a distinção entre texto escrito e texto falado.

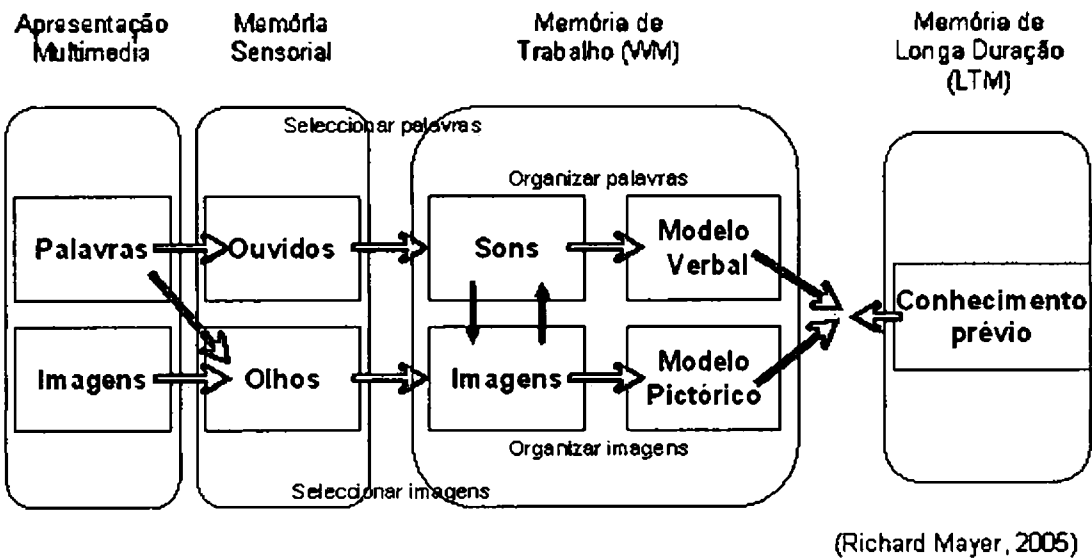


Figura 10. Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia salientando a origem dos dados

Para que ocorram aprendizagens significativas, quem aprende deve executar cada um destes processos cognitivos, organizá-los em representações coerentes e integrá-los. O desenho de recursos para a aprendizagem deve ser feito no sentido de criar situações em que o utilizador consiga reter na memória as diferentes representações. Descrevem-se a seguir cinco recomendações, sustentadas na investigação experimental, que aplicadas no desenho de recursos multimédia contribuem para que eles sejam mais eficazes.

Princípio da representação múltipla. A apresentação de texto e de imagem permite que quem aprende construa representações verbais e visuais e estabeleça ligações entre elas. Quando se estabelecem ligações entre as representações as aprendizagens são melhores, pelo que os estudantes aprendem mais e melhor quando à animação se acrescenta a narração. Parece poder concluir-se que as apresentações multimédia dão origem a resultados onde se regista uma compreensão mais profunda do que nas apresentações que se suportam apenas num meio de comunicação. Contudo verifica-se que nem todas as apresentações multimédia são igualmente eficazes, pelo que se deve ter em conta as condições que se descrevem a seguir.

Princípio da contiguidade. Como foi referido no ponto anterior é muito mais eficaz apresentar imagens e textos correspondentes em simultâneo, do que em sequência. Em sequência, obriga a reter na memória de trabalho a animação até que a narração seja apresentada. Esta conclusão baseada na investigação experimental parece dar razão a que a memória de trabalho tem registos auditivos e visuo-espaciais distintos e aditivos. Também dá crédito ao efeito da atenção dividida que na recepção de informação de forma sucessiva ou espacialmente separada provoca o aumento da carga cognitiva estranha (Mayer & Moreno, 2002).

Princípio da coerência. No desenho de recursos para a aprendizagem os autores podem querer tornar as apresentações mais agradáveis acrescentando algumas informações

interessantes ou introduzindo música ou sons de fundo. Este procedimento baseia-se na crença de que materiais mais interessantes motivam os estudantes a trabalhar mais para aprender.

Dewey (1913) foi um dos primeiros a argumentar contra esta teoria do interesse.

Recentemente vários investigadores verificaram que acrescentar frases interessantes, mas desnecessárias, num texto complexo não melhoraram a capacidade de memorização do referido texto (Mayer & Moreno, 2002). Na verdade estes elementos suplementares acabam por ocupar a memória de trabalho o que impede a construção das ligações entre os vários passos de um encadeamento causal .

A investigação mostrou que existe evidência consistente e moderadamente sólida de que os estudantes aprendem mais profundamente com apresentações multimédia que excluam palavras e sons irrelevantes (Mayer & Moreno, 2002).

Princípio da modalidade. Nas apresentações multimédia estão presentes palavras e imagens. As palavras podem ser apresentadas no écran como texto ou sob a forma narrativa. Pela teoria da distribuição da informação é indiferente apresentar o texto escrito ou falado, mas segundo a teoria cognitiva da aprendizagem multimédia os canais auditivo e visuo-espacial têm uma capacidade limitada. Assim, deve ter-se em conta que o texto escrito é processado pelo canal visio-espacial, tal como a animação ou imagem, e ao entrar em competição com ele pode provocar um efeito de atenção dividida (ver figura 10). A investigação mostra que numa apresentação multimédia é melhor apresentar as palavras sob a forma de narração auditiva em vez de texto no écran (Mayer & Moreno, 2002).

Princípio da redundância. A razão principal para apresentar apenas imagem e narração é que a adição de texto no écran pode sobrecarregar a memória de trabalho visual. Acrescenta-se que o texto no écran pode criar, ainda, um efeito de atenção dividida porque obriga os estudantes a observarem tanto a animação como o texto, provocando a perda de alguma informação. Nestas condições a memória de trabalho fica sobrecarregada, pelo que existe

menos capacidade cognitiva para construir as ligações entre as representações visual e verbal. Verifica-se que a adição de texto numa animação narrada não promove a compreensão mas, pelo contrário, pode diminuí-la. Este padrão foi identificado como o efeito de redundância e mostrou-se válido em ambientes não baseados em computador (Mayer & Moreno, 2002).

Destes princípios e da investigação mais recente resultaram várias formas de reduzir a carga cognitiva nas aprendizagens que utilizam recursos multimédia.

Distinguem-se três tipos de exigência cognitiva: processamento essencial, processamento acessório e retenção figurativa (Mayer & Moreno, 2003).

O processamento essencial diz respeito ao processo cognitivo que é requerido para dar sentido aos materiais presentes, tal como nos cinco processos fundamentais da teoria cognitiva da aprendizagem com recursos multimédia: seleccionar as palavras, seleccionar as imagens, organizar as palavras, organizar as imagens e integrar. Por exemplo uma animação acompanhada de narração, apresentada num ritmo acelerado e relativa a questões pouco familiares, coloca grandes desafios na capacidade cognitiva, na selecção, organização e integração das palavras e das imagens, para que o processamento essencial se verifique.

O processamento acessório diz respeito ao processo cognitivo que não é requerido para dar sentido aos materiais presentes mas que foi incluído no *design* da tarefa de aprendizagem. Por exemplo a presença de música de fundo numa animação acompanhada de narração aumenta o processamento acessório dado que o estudante dedica alguma capacidade cognitiva para processar a referida música.

A retenção figurativa diz respeito ao processo cognitivo dirigido à retenção da representação mental na memória de trabalho por um período de tempo. Por exemplo supondo que uma ilustração é apresentada numa janela e a descrição verbal correspondente é apresentada noutra janela, e que apenas uma pode ser visualizada de cada vez, então o

estudante tem que reter na memória de trabalho a representação da ilustração enquanto lê a descrição verbal ou reter na memória de trabalho a descrição verbal enquanto vê a ilustração.

Assim reduzir a carga cognitiva pode exigir a redistribuição do processamento essencial, a redução do processamento acessório ou a redução da retenção figurativa.

Mayer e Moreno (2003) descrevem cinco cenários diferentes que provocam sobrecarga cognitiva e exploram nove maneiras de a reduzir.

Tipo de cenário com sobrecarga	Método de redução da carga	Descrição do efeito resultante da investigação
Tipo 1: Processamento essencial no canal visual > capacidade cognitiva do canal visual		
Canal visual está em sobrecarga por solicitação de processamento essencial.	Descarregamento (Off-loading): deslocar algum processamento essencial do canal visual para o auditivo.	Efeito de modalidade (modality effect): melhor transferência quando as palavras são apresentadas na forma narrativa do que na forma de texto no monitor.
Tipo 2: Processamento essencial em nos dois canais > capacidade cognitiva		
Os dois canais estão sobrecarregados por processamento essencial	Segmentação (segmenting): acrescentar tempo entre pequenos segmentos sucessivos Treino prévio (pretraining): fornecer treino inicial em nomes e características do componentes	Efeito de segmentação (segmentation effect): melhor transferência quando uma lição é apresentada ao estudante em segmentos controlados do que numa unidade contínua.
Tipo 3: Processamento essencial + processamento acessório (causado por material estranho) > capacidade cognitiva		
Um ou os dois canais estão em sobrecarga por processamento essencial e acessório (atribuível a material estranho)	Monda (weeding): eliminar materiais interessantes mas estranhos para reduzir o processamento respectivo Sinalização (signaling): fornecer deixas para processar o material de modo a reduzir o processamento do material estranho	Efeito de coerência (coherence effect): melhor transferência quando o material estranho é excluído Efeito de sinalização (signaling effect): melhor transferência quando se incluem sinalizações
Tipo 4: Processamento essencial + processamento acessório (causada por apresentação complicada) > capacidade cognitiva		
Um ou os dois canais estão em sobrecarga por processamento essencial e acessório (atribuível a apresentação complicada do material essencial)	Alinhamento (aligning): colocar as palavras impressas perto das partes gráficas correspondentes de modo a reduzir a captação visual	Efeito de contiguidade espacial (spatial contiguity effect): melhor transferência quando palavras impressas estão junto das partes gráficas

	Eliminar redundância (eliminating redundancy): evitar a apresentação de torrentes de palavras impressas e faladas	correspondentes. Efeito de redundância (redundancy effect): melhor transferência quando as palavras são apresentadas na forma narrativa do que nas formas narrativa e texto escrito.
Tipo 5: Processamento essencial + retenção figurativa > capacidade cognitiva		
Um ou os dois canais estão em sobrecarga por processamento essencial e retenção figurativa	Sincronização (synchronizing): apresentar a narração e a correspondente animação simultaneamente para minimizar a necessidade de reter representações na memória Personalização (individualizing): ter a certeza de que os estudantes possuem capacidades de retenção mental das representações	Efeito de contiguidade temporal (temporal contiguity effect): melhor transferência quando a animação e narração correspondentes são apresentadas simultaneamente do que em sequência. Efeito de perícia espacial (spatial ability effect): estudantes com elevada perícia espacial beneficiam mais com materiais de instrução de design elaborado do que os estudantes com baixa perícia espacial

Adaptado de (Mayer & Moreno, 2003)

Complexidade e Arquitetura Cognitiva Humana

A teoria da carga cognitiva lida com a complexidade utilizando um único constructo: interactividade do elemento. Considera-se um elemento qualquer coisa que seja necessário compreender ou apreender. Se os elementos interagem, não podem ser compreendidos isoladamente, enquanto que elementos que não interagem podem ser compreendidos e apreendidos independentemente um do outro. Se muitos elementos interagem, a interactividade é elevada, se poucos interagem a interactividade é baixa. Os níveis de carga cognitiva intrínseca dependem inteiramente dos níveis de interactividade entre os elementos. Por outras palavras, a complexidade intrínseca da informação que quem aprende tenta assimilar é determinada pelo nível de interactividade entre os elementos (J. Sweller, 2006a).

À primeira vista é surpreendente a maneira como o sistema cognitivo humano lida com a complexidade. Poder-se-ia esperar que a estrutura óbvia fosse suficientemente grande para reter muitos elementos interactivos.

De facto, quando lidamos com a novidade ou o desconhecido, em oposição à informação conhecida, não temos uma estrutura capaz de reter muitos elementos interactivos e até mesmo pode ser impossível tal estrutura evoluir (J. Sweller, 2006a).

A cognição humana é o exemplo de um sistema natural de processamento da informação e uma das várias maneiras de o representar pode ser pela sua descrição na forma de cinco princípios (J. Sweller, 2006a):

1. Princípio do depósito da informação (*information store principle*). O que apreendemos, o modo como pensamos e como resolvemos problemas é fortemente determinado pelo que foi apreendido e guardado na memória de longo prazo. A capacidade para compreender o que se lê neste momento depende de uma enorme quantidade de informação guardada na memória de longo prazo que permite identificar as letras, as palavras, a combinação entre as palavras e relatar essa informação ao mundo exterior.
2. Princípio do empréstimo (*borrowing principle*). Quase todo o conhecimento guardado na memória de longo prazo foi emprestado da memória de longo prazo de outros, imitando o que fazem, ouvindo o que dizem ou lendo o que escrevem. Este processo é construtivo pois ao incorporar a combinação da informação guardada na memória de longo prazo de alguém com a informação residente na nossa própria memória de longo prazo dá origem à construção de esquemas que diferem das fontes de informação.
3. Aleatoriedade como princípio de génese (*randomness as genesis principle*). O princípio do empréstimo não cria informação nova, apenas combina duas fontes de informação. A informação nova é criada durante a resolução de problemas utilizando a geração aleatória e o procedimento de teste de eficácia. Durante a resolução de um problema, a maior parte dos passos é gerada pela utilização da

informação guardada na memória de longo prazo do próprio, como exemplo especial do princípio do empréstimo. Mas se a informação não está disponível então o outro procedimento consiste na geração aleatória de um passo testando a respectiva eficácia com passos anteriores retidos e eficazes ou rejeitados e ineficazes. Os passos eficazes são seguidamente incorporados na memória de longo prazo.

4. Limites estreitos do princípio da mudança (*narrow limits of change principle*). A memória de longo prazo adquire informação pelo princípio do empréstimo e da aleatoriedade. Na realidade ambos têm uma componente aleatória significativa. Dada a sua centralidade na geração de informação nova, todas as mudanças devem ser pequenas. A arquitectura cognitiva humana assegura que a mudança seja pequena pela presença de uma memória de trabalho muito limitada no tratamento de informação nova.
5. Princípio da organização do meio e de ligação (*the environment organizing and linking principle*). Enquanto a memória de trabalho pode processar apenas quantidades muito limitadas de informação nova, pode contudo tratar quantidades ilimitadas de informação previamente organizadas na memória de longo prazo. Esta informação é utilizada para organizar e interagir com o meio. Assim a informação guardada na memória de longo prazo altera as características de memória de trabalho.

Os conceitos anteriormente apresentados sobre a complexidade e a evolução da arquitectura cognitiva humana fornecem a base cognitiva que suporta a teoria de carga cognitiva. Esta utiliza o novo conhecimento das estruturas da informação e da cognição para gerar princípios de instrução. Assume que o objectivo fundamental da instrução é efectuar alterações na memória de longo prazo pela aquisição de grande número de esquemas de um

domínio específico. Assume além disso que a instrução deve ser organizada para reduzir qualquer carga estranha na memória de trabalho, na medida em que qualquer carga estranha não contribui para a aquisição de esquemas. Ao reduzir a carga estranha a capacidade cognitiva fica livre para a carga cognitiva adequada que é necessária para a aquisição de esquemas. Estas duas fontes de carga cognitiva são aditivas juntamente com a carga cognitiva intrínseca que é causada pela interactividade dos elementos. No conjunto as três fontes de carga cognitiva não podem exceder a capacidade total da memória de trabalho (J. Sweller, 2006a).

Trabalho Empírico - O efeito exemplos resolvidos na aprendizagem

Os exemplos de problemas resolvidos (worked examples) são ferramentas de instrução destinadas a ensinar aptidões para resolver problemas. Mostram passo a passo como resolver um problema ou desempenhar uma tarefa.

Consistem habitualmente na modelização do processo de resolução de problemas num domínio bem estruturado como a física ou a matemática, apresentando um problema exemplo e demonstrando os sucessivos passos e a resposta final ao problema (R. Clark, Nguyen, & Sweller, 2006).

Esta técnica gere a carga cognitiva dos estudantes principiantes de forma a libertar a capacidade da memória de trabalho e assim ajudar à construção de novos esquemas. Contudo à medida que os estudantes ganham experiência durante o respectivo treino, pode verificar-se que os exemplos resolvidos possam tornar-se prejudiciais e assim seria melhor para os estudantes terem lições, com as características tradicionais, nas quais resolvem todos os problemas. Isto verifica-se porque uma vez que o estudante adquiriu um esquema básico para a aptidão ou conceito, ele aprenderá melhor aplicando esquemas aos problemas, do que investindo esforços redundantes no estudo de mais exemplos resolvidos. A melhor forma de ir ao encontro dos estudantes à medida que adquirem experiência é pela utilização de um

processo chamado de exemplos resolvidos de forma progressiva inversa (*backwards fading worked examples*) (R. Clark, Nguyen, & Sweller, 2006). Na figura 11 apresenta-se um esquema explicativo:

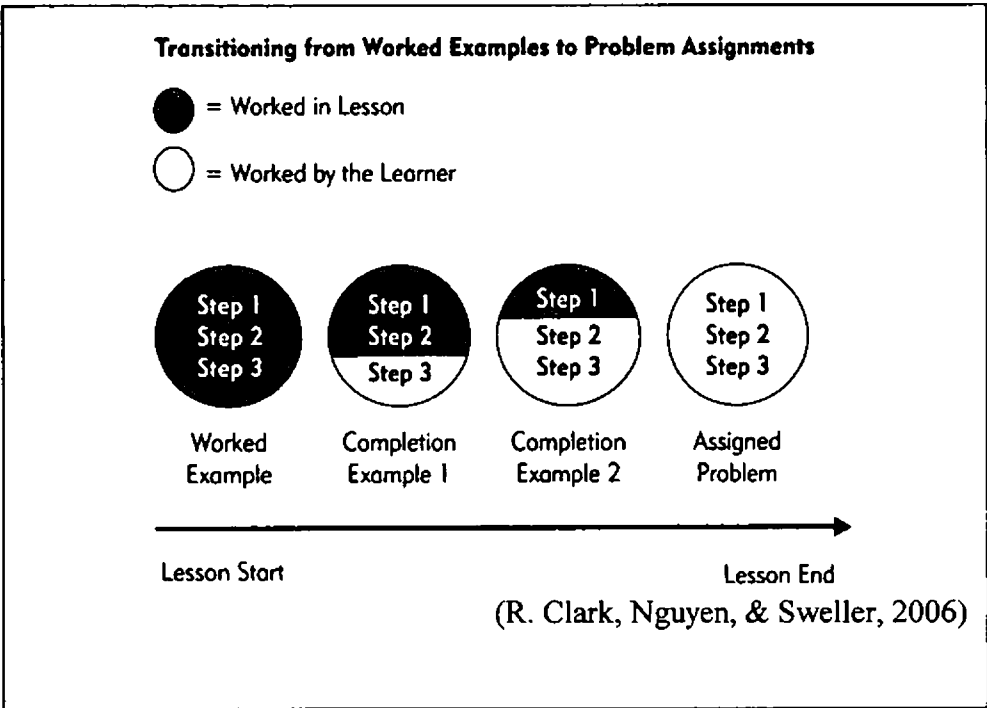


Figura 11. Esquema do processo de exemplos resolvidos de forma progressiva inversa

A carga cognitiva pode ser definida como um constructo multidimensional representativo da carga que a realização de uma dada tarefa impõe no sistema cognitivo do estudante (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003).

De acordo com o modelo geral apresentado pelos autores indicados o constructo tem uma dimensão causal que reflecte a interacção entre a tarefa e as características do estudante e uma dimensão avaliativa que reflecte os conceitos mensuráveis da carga mental, esforço mental e do desempenho.

As características das tarefas que têm sido identificadas na investigação da teoria da carga cognitiva são o formato da tarefa, a sua complexidade, a utilização de multimédia, a

pressão do tempo e o ritmo da instrução. Características relevantes do estudante compreendem o nível de experiência, a idade e a capacidade de visualizar objectos de forma abstracta. A carga mental é o aspecto da carga cognitiva que resulta da interacção entre as características da tarefa e do estudante. Pode ser determinada na base do nosso conhecimento corrente das características da tarefa e do sujeito. Desta maneira fornece uma indicação das necessidades específicas da capacidade cognitiva e pode ser considerada como uma estimativa, *a priori*, da carga cognitiva. O esforço mental é o aspecto da carga cognitiva que se refere à capacidade cognitiva que é destinada a acomodar as solicitações impostas pela tarefa. Pode considerar-se que reflecte a carga cognitiva real. O esforço mental é medido enquanto os participantes trabalham nas tarefas (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003).

O desempenho que é também um aspecto da carga cognitiva pode ser definido em termos dos resultados do estudante, como o número de questões certas, o número de erros e o tempo necessário para realizar as tarefas. Pode ser determinado enquanto as pessoas realizam as tarefas ou mais tarde (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003).

A questão de como medir o construto multidimensional carga cognitiva tem-se mostrado difícil para os investigadores.

No seguimento do modelo de Paas e Merriënboer (1994) torna-se claro que a carga cognitiva pode ser avaliada pelas medições da carga mental, do esforço mental e do desempenho.

Os investigadores têm utilizado vários métodos que podem ser organizados em dois grandes grupos: métodos analíticos direccionados para o cálculo da carga mental e recolha de dados subjectivos pela opinião de peritos e de dados analíticos por modelos matemáticos; métodos empíricos direccionados para a estimação do esforço mental e do desempenho, pela recolha de dados subjectivos utilizando escalas de índice (*rating scales*), pela recolha de dados relativos ao desempenho na realização de tarefas primárias e secundárias (*primary and*

secondary tasks) e pela recolha de dados psicofisiológicos como a actividade do coração (variação do ritmo cardíaco), a actividade cerebral (electroencefalograma) e a actividade dos olhos (dilatação das pupilas ou a taxa de pestanejamento).

A utilização das escalas de índice baseia-se na suposição de que qualquer pessoa é capaz de fazer uma introspecção da sua experiência cognitiva e relatar o montante de esforço mental despendido.

Embora o resultado de um índice avaliado pelo próprio possa parecer questionável, tem sido demonstrado que as pessoas são muito capazes de dar uma indicação numérica da carga mental que percebem (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003). Paas (1992) foi o primeiro investigador a demonstrar esta descoberta no contexto da teoria da carga cognitiva.

Torna-se importante realçar que os investigadores têm medido a carga cognitiva total e ainda não foi possível utilizar técnicas que diferenciem as três componentes da carga cognitiva.

Reconhece-se que a interpretação com significado de um certo nível de carga cognitiva só pode ser dada no contexto do respectivo nível de desempenho associado. É igualmente válido o inverso. Nesta perspectiva Paas e Merriënboer (1993) desenvolveram um método de estimação que combina a medida do esforço mental com a medida do desempenho da primeira tarefa correspondente, de modo a comparar a eficácia mental das condições da instrução.

Desde então um grande número de estudos experimentais tem aplicado com sucesso este método ou um alternativo mas em qualquer dos casos combinando o esforço das aprendizagens e o desempenho em testes. A combinação da medida do esforço mental e do desempenho pode desvendar informações importantes sobre a carga cognitiva, o que não é necessariamente visível pelas medições da carga mental e do desempenho consideradas isoladamente. Nesta abordagem designa-se elevada eficiência da instrução quando elevados

níveis de desempenho estão associados a baixos esforços mentais e baixa eficácia da instrução quando baixos níveis de desempenho estão associados a elevados esforço mentais. O cálculo pode ser feito após proceder à estandadização das pontuações correspondentes ao esforço mental e ao desempenho, com os valores z esforço mental e z desempenho. Assim pode calcular-se o valor da condição de eficiência (E) como a distância entre o ponto, cujas coordenadas são z esforço mental e z desempenho e a diagonal correspondente a $E=0$ (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003).

A expressão utilizada no cálculo é:

$$E = \frac{zD_{desempenho} - zEM_{esforço_mental}}{\sqrt{2}}$$

De notar que esta expressão é deduzida da expressão geral da distância de um ponto $P(x,y)$ a uma recta $ax+bx+c=0$.

A representação gráfica num sistema de eixos cartesianos onde o esforço mental corresponde ao eixo dos x e o desempenho ao eixo dos y , pode ajudar a visualizar o efeito combinado das duas medidas.

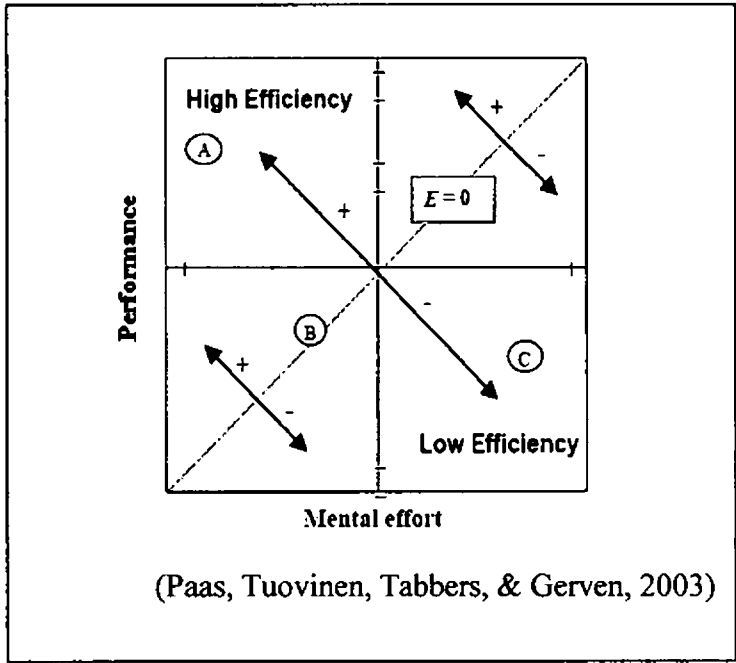


Figura 12. Diferentes condições de eficiência das condições da instrução

No exemplo representado a eficiência das condições de instrução de três grupos A, B e C é comparada. Os valores médios das cotações standardizadas do esforço mental e do desempenho estão representadas e a distância desses pontos à recta correspondente a $E=0$ dá-nos a medida e o sentido da eficácia da instrução. Na condição A um elevado desempenho é obtido com baixo esforço mental, na condição C um baixo desempenho é obtido com elevado esforço mental e na condição B uma situação intermédia com eficácia neutra.

Tendo em atenção as características dos exemplos resolvidos e dos exemplos resolvidos de forma progressiva inversa como foram descritos no início deste ponto, criaram-se e adaptaram-se problemas para a disciplina de Sistemas Digitais: um grupo formado por problemas do tema flip-flops destinados à primeira experiência, sessão 1, e outro grupo formado por problemas do tema circuitos sequenciais síncronos destinados à segunda experiência, sessão 2. Traduziu-se a escala de índice largamente utilizada em vários estudos e explicitada anteriormente (ver anexo 1 e 4).

Este estudo foi realizado pela aplicação de diferentes formatos de instrução que neste caso concreto consistiram nos dois tipos de formatos a seguir discriminados:

1. Completar a resolução de problemas parcialmente resolvidos, depois resolver um problema apresentado na forma tradicional e finalmente indicar na escala de índice o esforço mental requerido na resolução do problema apresentado na forma tradicional.
2. Resolver, apenas, o problema apresentado na forma tradicional e indicar de seguida o esforço mental requerido na sua resolução.

Da comparação de resultados atingidos nestes diferentes tipo de formatos, pretende-se a resposta às seguintes questões:

1. Como é que o desenho das condições da instrução determina os resultados da aprendizagem ?
2. Quais são as condições que permitem melhorar a eficiência ou rendimento da instrução ?

No contexto da teoria da carga cognitiva este estudo pretende testar a seguinte hipótese:

Os estudantes que concluíram exemplos de problemas parcialmente resolvidos antes da resolução de novos problemas, têm melhor desempenho do que os seus colegas que passaram directamente à resolução de novos problemas.

Como foi referido na introdução, este trabalho de investigação suporta-se numa metodologia experimental, adoptando um plano quase experimental. Constituíram-se dois grupos emparelhados tendo sido aplicado ao grupo experimental a hipótese sob teste e ao grupo de controle apenas a resolução de problemas na forma tradicional. Na primeira experiência (sessão1) o grupo experimental foi o grupo A enquanto na segunda experiência relativa a circuitos sequenciais síncronos (sessão 2) o grupo experimental foi o grupo B. Optou-se por esta organização para minimizar eventuais aspectos negativos na validade

interna dos resultados devido ao efeito de maturação, dado que as experiências foram realizadas com cerca de um mês de diferença. Foi cuidadosamente ponderado o efeito do número reduzido dos elementos nos grupos. A aplicação desta experiência num único estabelecimento de ensino conduz-nos a esta situação dado que os cursos de formação profissional raramente têm elevado número de alunos. A hipótese de aplicar a experiência a vários estabelecimentos de ensino foi abandonada por não terem sido identificadas formações profissionais iguais, e as pequenas diferenciações sobretudo de natureza didáctica poderiam introduzir perturbações nos resultados. Durante a análise destas preocupações verificou-se que vários estudos têm sido concretizados com grupos de reduzido número de alunos em áreas da electrónica e do estudos dos circuitos eléctricos (Renkl, Atkinson, Maier, & Staley, 2002) e (Kester, 2003).

Método

Participantes. Participaram neste estudo treze alunos da disciplina Sistemas Digitais de um curso profissional da FORINO – Escola de Novas Tecnologias localizada em Lisboa. Os treze alunos eram todos do sexo masculino com média de idades de 21 anos e desvio padrão de 1,9. Estes alunos constituíam uma turma única neste nível e área de formação. Todos os participantes fizeram o mesmo percurso de formação no ano lectivo 2006/07 e nunca tinham experimentado ambientes virtuais de aprendizagem. Foram divididos por dois grupos intencionalmente formados por igual número de alunos com elevado, médio e fraco rendimento escolar.

Materiais

Plataforma. A plataforma Dokeos na versão 1.6.7 foi utilizada como ferramenta principal do ambiente de aprendizagem virtual (ver anexo 2). O acesso foi feito de forma individualizada com registo das acções que o utilizador executa enquanto permaneceu ligado. Foi concretizado durante as aulas de Sistemas Digitais com recurso aos computadores

disponíveis habitualmente na respectiva sala e que acedem à Internet por uma ligação comum em estabelecimentos de ensino.

As tarefas a realizar consistiram na resolução de problemas em cujos enunciados existiam animações feitas em Flash da Macromedia.

Os problemas foram por mim organizados e adaptados de acordo com os conteúdos programáticos e as características de edição da plataforma. As fontes de validação dos problemas que constituíram as tarefas a realizar foram as seguintes:

1. Os manuais de ensino de Sistemas Digitais para este nível de formação. Os problemas apresentados são típicos de todas as obras destinadas ao ensino destas matérias, designadamente aquela da qual foram adaptados os problemas apresentados (Tocci, Widmer, & Moss, 2007).
2. A minha própria experiência como professor destes temas e ainda como autor de programas e coordenador de equipas de programas homologados pelo Ministério da Educação destinados a cursos profissionais e tecnológicos.

A formulação e a apresentação dos problemas e as intervenções dos estudantes foram concretizadas pela utilização das funcionalidades da própria plataforma, editor, registo dos momentos de início da sessão e de finalização, controlo da sequência das tarefas e registo das pontuações obtidas. A funcionalidade associada à sequências das tarefas integra-se na chamada Sequência de Aprendizagem, de acordo com a norma Scorm, e impede que os participantes saltem tarefas intermédias. O desenho destas tarefas e o respectivo conteúdo foram realizados pelo autor deste estudo (ver anexos 2, 3 e 5).

Na sessão 1 os problemas eram relativos à determinação de diagramas temporais em flip-flop JK e na sessão 2 relativos ao projecto de circuitos sequenciais síncronos.

Problemas parcialmente resolvidos. Na sessão 1 foram propostos exemplos de problemas parcialmente resolvidos ao grupo A (n=6), grupo experimental, relativos a flip-flop

JK. Na sessão 2 foram propostos exemplos de problemas parcialmente resolvidos ao grupo B ($n=7$), grupo experimental, relativos ao projecto de circuitos sequenciais síncronos (ver anexo 3). Nas figuras que se seguem mostram-se alguns exemplos de problemas parcialmente resolvidos.

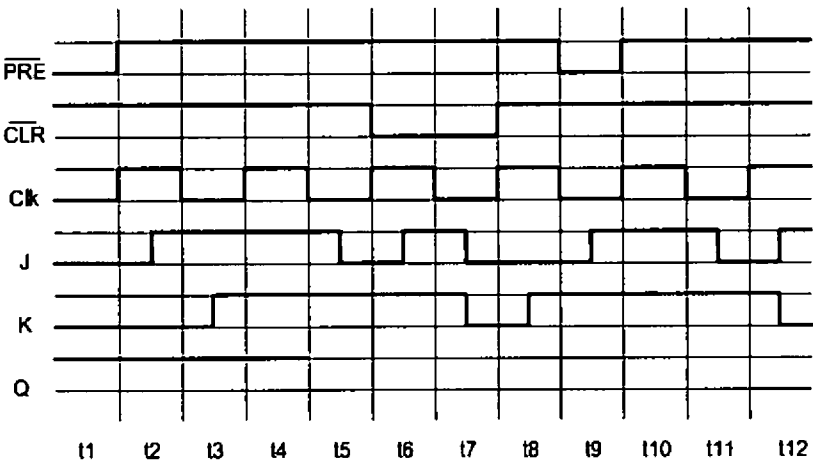
Pergunta 1 / 2

Indicar o valor lógico da saída Q nos intervalos t5; t6; t7; t8; t9; t10; t11 e t12

Observe com atenção o diagrama temporal representado a seguir. Visualiza o andamento dos sinais ao clicar sobre o botão representado na parte inferior do lado direito.

Escolha a alínea correspondente à sequência que considera correcta.

Flip-Flop JK activado por flanco descendente



- ☐ 1;1;0;0;1;1;0;0
- ☐ 0;0;0;0;1;1;0;0
- ☐ 1;1;1;1;1;1;0;0
- ☐ 1;0;0;1;0;0;0;0
- ☐ 1;1;0;0;1;1;1;1

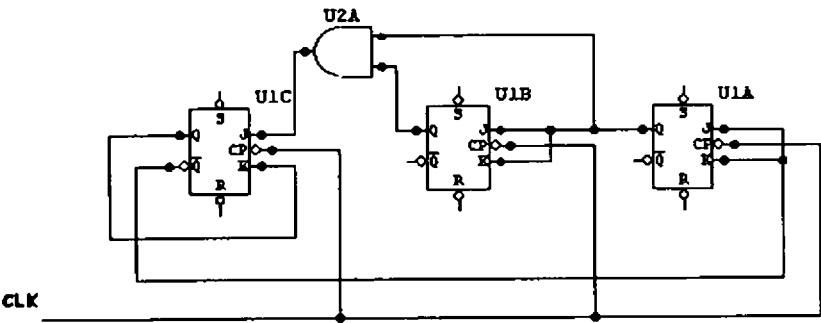
Seguinte >

Figura 13. Problema parcialmente resolvido relativo a flip-flop JK

Estudo de um circuito sequencial parcialmente resolvido

A figura representa um circuito sequencial, formado por uma cadeia de três elementos de memória do tipo JK, capaz de gerar uma sequência em binário.

Considera-se o estado inicial QA=QB=QC=0 e QC o bit mais significativo.



Explique a sequência produzida pelo circuito, respondendo sucessivamente às perguntas que se seguem.

NOTA: Por limitações de escrita simbólica neste editor tome nota -> ~QB significa "saída negada Q do flip flop B"

Pergunta 1

Faça corresponder às entradas as equações lógicas que considera correctas

As primeiras três são:

$J_C = QA \cdot QB$

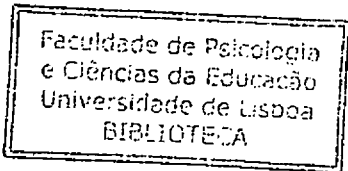
$K_C = QC$

$J_B = QA$

1. $K_B =$

2. $J_A =$

3. $K_A =$



☐ ☒

☐ ☒

☐ ☒

- A. ~QC
- B. QA
- C. QC
- D. 1
- E. 0

Pergunta 2

Implete a tabela das transições:
Indique o preenchimento correspondente aos primeiros 4 impulsos:

	Estado PRECATOR									Estado DAVID		
	QC	QB	QA	JC	KC	JB	KB	JA	KA	QC	QB	QA
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
2	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
4	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
5	1	0	0									
6	1	0	1									
7	1	1	0									
8	1	1	1									

impulso 5: JC= KC= JB= KB= JA= KA= QC= QB= QA=

impulso 6: JC= KC= JB= KB= JA= KA= QC= QB= QA=

impulso 7: JC= KC= JB= KB= JA= KA= QC= QB= QA=

impulso 8: JC= KC= JB= KB= JA= KA= QC= QB= QA=

Pergunta 3

O circuito em estudo é:
Um **contador síncrono mod.5**, porque as sequências geradas, em binário, variam entre 000 e 100.
Compreendi a metodologia para analisar um circuito sequencial ?
☐ Sim
☐ Não

Validar

Figura 14. Problema parcialmente resolvido relativo a circuitos sequenciais síncronos

Problemas teste. Na sessão 1 foi aplicado um problema teste, problema com o formato tradicional, a todos os participantes (n=13) relativo a flip-flop JK. Na sessão 2 igualmente a todos foi aplicado um problema, com o formato tradicional, relativo ao projecto de circuitos sequenciais síncronos.

As figuras seguintes mostram os problemas teste apresentados.

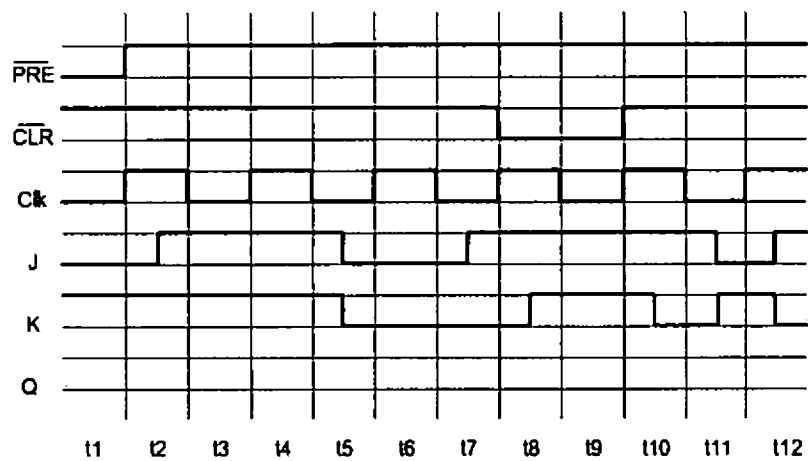
Pergunta 1 / 4

Indicar o valor lógico da saída Q nos intervalos t1; t2; e t3

Observe com atenção o diagrama temporal representado a seguir. Visualiza o andamento dos sinais ao clicar sobre o botão representado na parte inferior do lado direito.

Escolha a alínea correspondente à sequência que considera correcta.

Flip-Flop JK activado por flanco descendente



- ☐ 0;0;1
- ☐ 1;1;1
- ☐ 1;1;0
- ☐ 1;0;1
- ☐ 0;0;0

Seguinte >

Figura 15. Primeira pergunta do problema apresentado a todos os participantes na sessão I

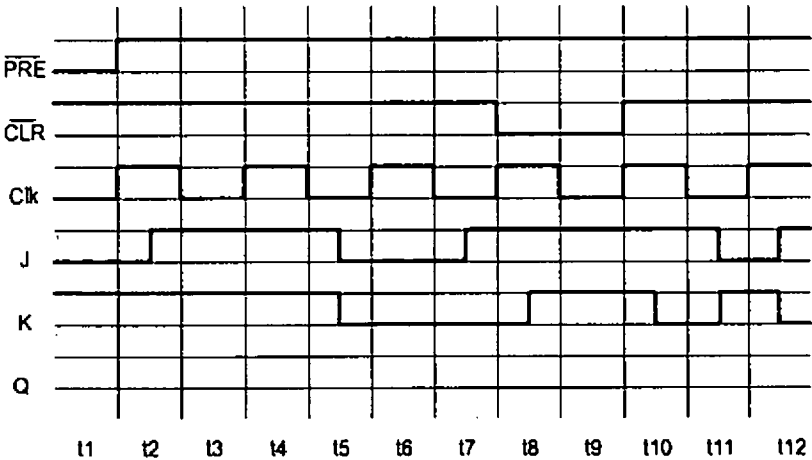
Pergunta 2 / 4

Indicar o valor lógico da saída Q nos intervalos t4; t5 e t6

Observe com atenção o diagrama temporal representado a seguir. Visualiza o andamento dos sinais ao clicar sobre o botão representado na parte inferior do lado direito.

Escolha a alínea correspondente à sequência que considera correcta.

Flip-Flop JK activado por flanco descendente



- ☐ 0;0;0
- ☐ 1;1;0
- ☐ 1;0;0
- ☐ 1;1;1
- ☐ 0;1;1

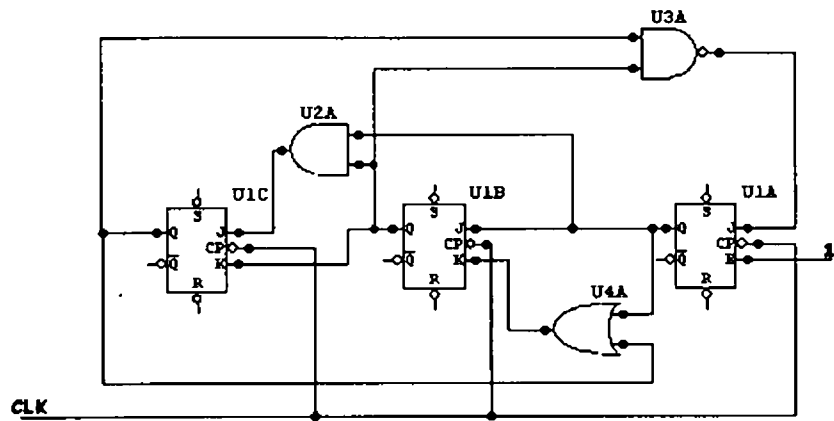
Seguinte >

Figura 16. Segunda pergunta do problema apresentado a todos os participantes na sessão 1

Estudo de um circuito sequencial

A figura representa um circuito sequencial, formado por uma cadeia de três elementos de memória do tipo JK, capaz de gerar uma sequência em binário.

Considera-se o estado inicial $QA=QB=QC=0$ e QC o bit mais significativo.



Explique a sequência produzida pelo circuito, respondendo sucessivamente às perguntas que se seguem.

NOTA: Por limitações de escrita simbólica neste editor tome nota -> $\sim QB$ significa "saída negada Q do flip flop B"

Pergunta 1

Faça corresponder às entradas as equações lógicas que considera correctas

- | | | |
|---------|--------------------------|----------------------|
| 1. JC = | <input type="checkbox"/> | A. $QB+QA$ |
| 2. KC = | <input type="checkbox"/> | B. $QB.QA$ |
| 3. JB = | <input type="checkbox"/> | C. QB |
| 4. KB = | <input type="checkbox"/> | D. QA |
| 5. JA = | <input type="checkbox"/> | E. 1 |
| 6. KA = | <input type="checkbox"/> | F. $QA.QC$ |
| | | G. $\sim(QB.QC)$ |
| | | H. $QA+QC$ |
| | | I. $\sim QB.\sim QC$ |

Pergunta 2

complete a tabela das transições:

	Estado presente				Estado futuro							
	QC	QB	QA	JC	KC	JB	KB	JA	KA	QC	QB	QA
1	0	0	0									
2	0	0	1									
3	0	1	0									
4	0	1	1									
5	1	0	0									
6	1	0	1									
7	1	1	0									
8	1	1	1									

o impulso 1: JC=

KC=

JB=

KB=

JA=

KA=

QC=

QB=

QA=

o impulso 2: JC=

KC=

JB=

KB=

JA=

KA=

QC=

QB=

QA=

o impulso 3: JC=

KC=

JB=

KB=

JA=

KA=

QC=

QB=

QA=

o impulso 4: JC=

KC=

JB=

KB=

JA=

KA=

QC=

QB=

QA=

o impulso 5: JC=

KC=

JB=

KB=

JA=

KA=

QC=

QB=

QA=

o impulso 6: JC=

KC=

JB=

KB=

JA=

KA=

QC=

QB=

QA=

o impulso 7: JC=

KC=

JB=

KB=

JA=

KA=

QC=

QB=

QA=

o impulso 8: JC=

KC=

JB=

KB=

JA=

KA=

QC=

QB=

QA=

Pergunta 3

O circuito em estudo é:

☐

um contador síncrono mod.3

☐

um contador assíncrono

☐

um contador síncrono mod.7

☐

detetor da sequência 001

☐

um contador síncrono mod.6

Validar

Figura 17. Segunda parte do problema apresentado a todos os participantes na sessão 2

Medida do esforço mental. O esforço mental foi medido após a realização do problema teste em cada sessão utilizando uma escala de índice (rating scale) de 9 pontos (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003), que inquiriu cada participante a indicar o respectivo esforço mental requerido na resolução do problema teste. A medida do esforço mental varia entre o muito muito pouco a muito muito elevado esforço mental (figura 19).

Questionário

Pergunta 1

Na resolução do problema anterior investi:

(escolher **apenas uma** opção)

- ☐ Esforço mental muito muito pequeno
- ☐ Esforço mental muito pequeno
- ☐ Esforço mental pequeno
- ☐ Esforço mental pouco pequeno
- ☐ Esforço mental nem pequeno nem elevado
- ☐ Esforço mental pouco elevado
- ☐ Esforço mental elevado
- ☐ Esforço mental muito elevado
- ☐ Esforço mental muito muito elevado

Validar

Figura 18. Escala de índice (rating scale) aplicada

Questionário. Foi aplicado um questionário na forma de entrevista aos participantes de cada grupo que evidenciassem maiores diferenças entre as duas sessões ($n=6$). Pretendia-se identificar e compreender essa diferença e conhecer a opinião dos participantes sobre a adequação dos conteúdos dos problemas às matérias leccionadas. As questões colocadas foram as seguintes:

1. Acha que os problemas apresentados nas experiências questionavam assuntos que nunca tinha estudado?
2. Os assuntos fizeram parte do programa de estudo?

3. Qual foi a maior dificuldade que sentiu durante a realização das actividades? O ambiente online? O questionário?
4. Qual foi a actividade que mais lhe agradou?

Procedimento

Após concluída a leccionação dos temas que foram objecto dos problemas, os participantes entraram na plataforma e realizaram as tarefas propostas durante a sessão 1. Este acesso teve lugar durante uma aula normal e foram utilizados os equipamentos e os acessos à Internet habituais no estabelecimento de ensino. Os participantes foram informados desta iniciativa e dos seus objectivos de forma a considerá-la como mais uma actividade de aprendizagem. Não foi imposto limite de tempo para a realização das tarefas.

A sessão 2 ocorreu aproximadamente um mês após a sessão 1.

Na sessão 1 o grupo A ($n=6$), grupo experimental, começou por concluir o problema parcialmente resolvido e depois resolveu o problema teste, enquanto o grupo B ($n=7$), grupo de controlo, resolveu apenas o problema teste.

Na sessão 2 o grupo A ($n=6$), grupo de controlo, resolveu o problema teste e o grupo B ($n=4$), grupo experimental, começou por concluir o problema parcialmente resolvido e depois resolveu o problema teste.

Na parte final de cada sessão todos os participantes indicaram o esforço mental sentido na resolução dos problemas teste.

Depois de concluídas as duas sessões alguns alunos foram entrevistados pela aplicação do questionário referido anteriormente.

Resultados

Após a recolha dos resultados das classificações dos problemas teste e do esforço mental identificado foi necessário proceder à estandardização dos respectivos valores. A estandardização (*z score*) é necessária para converter medições que foram feitas em diferentes

escalas numa escala estandardizada e assim calcular a eficiência baseada nas medições do desempenho e do esforço mental (ver anexo 6).

Nas duas tabelas seguintes, tabelas 1 e 2, estão indicados os resultados das duas sessões para cada grupo e para a totalidade dos participantes:

Tabela 1

Sessão 1				
Grupo A – problema teste + exemplos resolvidos				
	Desempenho	z desempenho	Esforço mental	z esforço mental
Média	100	0,49	4,33	-0,20
Desvio padrão	0	n.a.	0,94	n.a.
Grupo B – problema teste				
	Desempenho	z desempenho	Esforço mental	z esforço mental
Média	85,71	-0,42	4,85	0,16
Desvio padrão	18,21	n.a.	1,64	n.a.
Totalidade dos participantes				
	Desempenho	z desempenho	Esforço mental	z esforço mental
Média	92,31	n.a.	4,62	n.a.
Desvio padrão	15,76	n.a.	1,45	n.a.

Nota: n.a. – não aplicável

Tabela 2

Sessão 2				
Grupo A – problema teste				
	Desempenho	z desempenho	Esforço mental	z esforço mental
Média	71,00	-0,16	5,83	-0,13
Desvio padrão	34,02	n.a.	1,46	n.a.
Grupo B – problema teste + exemplos resolvidos				
	Desempenho	z desempenho	Esforço mental	z esforço mental
Média	82,75	0,24	6,25	0,19
Desvio padrão	10,35	n.a.	0,82	n.a.
Totalidade dos participantes				
	Desempenho	z desempenho	Esforço mental	z esforço mental
Média	75,70	n.a.	6,00	n.a.
Desvio padrão	29,27	n.a.	1,33	n.a.

Nota: n.a. – não aplicável

No grupo A a consistência interna das medidas do esforço mental foi pouco satisfatória (alfa de Cronbach: 0.54), no grupo B foi muito baixa (alfa de Cronbach: 0.17).

O cálculo da eficiência da aprendizagem foi feito segundo o procedimento de Paas e van Merriënboer (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Gerven, 2003).

Num sistema de coordenadas cartesianas em que o eixo horizontal representa o esforço mental e o eixo vertical o desempenho, desenha-se a recta $D = EM$ (Desempenho = Esforço Mental) que representa uma eficiência nula.

Para cada situação representam-se os pontos pelas coordenadas esforço mental e desempenho estandardizados.

A eficiência é medida pela distância de cada ponto à recta $D = EM$ (Desempenho = Esforço Mental) e calcula-se pela expressão:

$$E = \frac{zD_{desempenho} - zEM_{esforço_mental}}{\sqrt{2}}$$

Quando $D > EM$ os materiais utilizados na instrução são mais eficazes, a eficiência é positiva porque o desempenho é superior ao que seria esperado para um dado esforço mental.

Quando $D < EM$ os materiais utilizados na instrução são menos eficazes, a eficiência é negativa porque o desempenho é inferior ao que seria esperado para um dado esforço mental.

Tabela 2

Sessão 1	
Eficiência (E)	
Grupo A	0,49
Grupo B	-0,41
Sessão 2	
Eficiência (E)	
Grupo A	-0,03
Grupo B	0,04

As representações gráficas correspondentes indicam-se a seguir nas figuras 20 e 21.

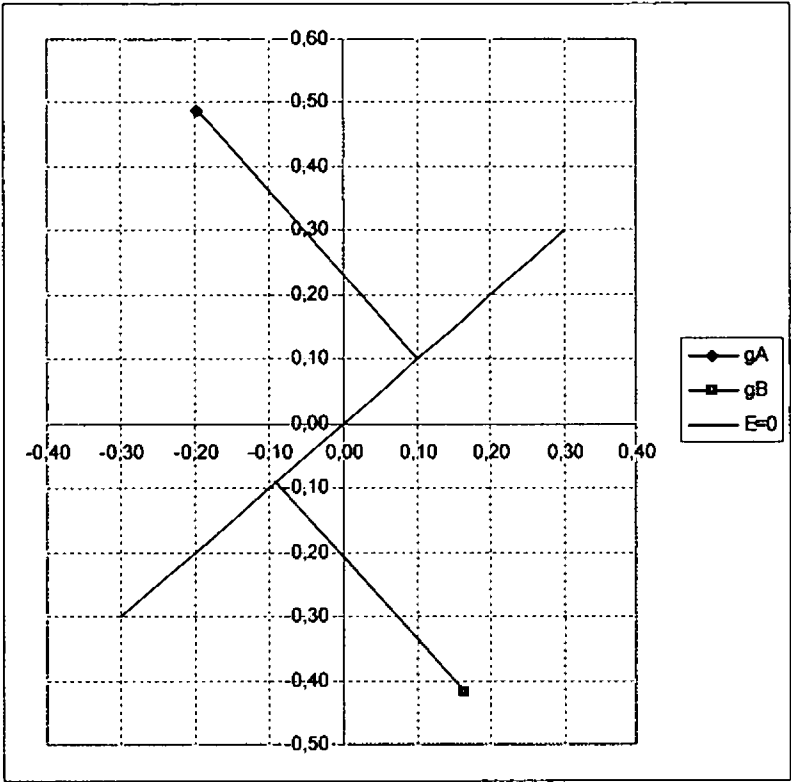


Figura 19. Representação gráfica da eficiência na sessão 1

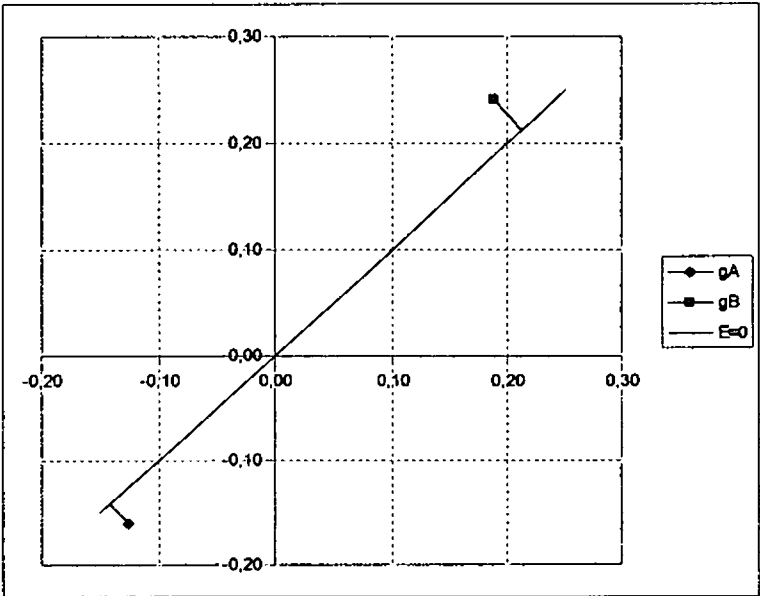


Figura 20. Representação gráfica da eficiência na sessão 2

Nas respostas ao questionário verificou-se que todos os entrevistados consideraram os temas das tarefas familiares porque faziam parte do programa leccionado na disciplina e eram semelhantes a problemas resolvidos. Todos indicaram ter sido a primeira vez que realizaram tarefas deste tipo em ambientes virtuais e que não tiveram dúvidas quanto aos pedidos formulados. A indicação do índice relativo ao esforço mental (rating scale) não ofereceu dificuldade e consideraram esta experiência de aprendizagem muito boa.

Discussão dos resultados

O desempenho da minha actividade docente no ensino secundário no grupo de docência 2º B – electrotecnia e electrónica e a minha formação académica em engenharia foram determinantes na escolha da área de formação do grupo dos participantes, dada a necessidade de construir materiais de instrução adequados aos conteúdos programáticos e com o formato do objectivo da investigação. Como a formação profissional em áreas técnicas é caracterizada, geralmente, por grupos de formação com número reduzido de estudantes, esta realidade poderia constituir um factor limitador importante nas verificações que se pretendiam realizar, como já foi referido anteriormente. Contudo a consulta de artigos de estudos já realizados veio a mostrar que não é raro terem sido concretizadas experiências onde um número de participantes também foi reduzido (Renkl, Atkinson, Maier, & Staley, 2002) e (Kester, 2003).

As condições físicas utilizadas, designadamente, o tipo de computadores e o tipo de ligação à Internet na sala de aula foram as habituais no estabelecimento de ensino. As experiências decorreram, assim, em condições semelhantes às que se verificam no dia a dia, sujeitas a quebras de ligação inesperadas ou a tráfego intenso que pode provocar lentidão indesejável nos acessos, situação que ocorreu a 3 alunos durante a sessão 2. Aproximámo-nos das condições reais de funcionamento com vantagens e inconvenientes relativamente a outros cenários mais filtrados, eventualmente, mais próximos da experimentação laboratorial.

Os resultados obtidos estão de acordo com a investigação feita a nível internacional e é nítido que a eficiência das condições de instrução para os estudantes que realizam previamente exemplos de problemas resolvidos é maior do que para os estudantes não submetidos a essa condição ($E_{1A} > E_{1B}$ ou seja $0,49 > -0,41$) e ($E_{2B} > E_{2A}$ ou seja $0,04 > -0,02$)

As respostas dadas nas entrevistas mostram não ter existido dificuldade em indicar o índice de esforço mental. Poderia ter ocorrido, porque pode tornar-se difícil distinguir entre esforço mental (*mental load*) e esforço de trabalho (*work load*) (Dillenbourg & Bétrancourt, 2006). Para prevenir essa eventualidade introduziu-se na apresentação da experiência uma pequena nota que nos parece ter ajudado a evitar a referida dificuldade.

Não foi detectado nenhum efeito da reversão da perícia (*expert reversal effect*). O modelo de instrução baseado em tarefas de completamento de exemplos resolvidos de forma progressiva inversa (*backwards fading worked examples*) pode ter evitado a presença daquele efeito, tendo em conta estudos já realizados e anteriormente mencionados

A diferença entre os valores da eficiência na sessão 2 é menos significativa do que na sessão 1. Verifica-se igualmente na sessão 2 um esforço mental no grupo B (6,25) superior ao do grupo A (5,83), embora o desempenho seja melhor no grupo B (82,75) (ver tabela 2). Entende-se que estes resultados possam ser devidos a um aumento acidental da carga cognitiva estranha por efeito de atenção dividida (*split attention effect*), porque o tamanho dos enunciados das tarefas da sessão 2 conjugado com a resolução dos monitores impedia uma visão geral fácil obrigando os estudantes a rolar excessivamente as páginas (*scroll*) (ver anexo 7).

Tendo em conta as considerações anteriores e os resultados do estudo expressos nas tabelas 1, 2 e 3 e figuras 20 e 21 pode concluir-se:

1. Os estudantes que completam exemplos de problemas parcialmente resolvidos têm melhores desempenhos na resolução de novos problemas.

2. O desenho das condições de instrução influencia os resultados da aprendizagem.
3. A eficiência da instrução é mais elevada quando ao formato da instrução se aplica o efeito exemplos resolvidos (worked examples effect).

Este tema de investigação tem sido objecto de estudo internacional e é com agrado que na nossa realidade próxima se verifiquem resultados semelhantes.

As investigações no contexto da teoria da carga cognitiva têm sido um contributo fundamental para melhorar os materiais de instrução e em consequência a eficácia das aprendizagens. A internacionalização destes estudos impôs uma dinâmica inquestionável na procura de respostas que expliquem as observações que vão sendo registadas.

A descrição das experiências realizadas nos anos mais recentes coloca desafios e interrogações. Apesar dos resultados promissores do efeito problemas parcialmente resolvidos, têm sido identificados resultados contraditórios: apesar da redução da carga cognitiva estranha e da carga cognitiva intrínseca no desenho cuidadoso de exemplos de problemas parcialmente resolvidos, deixando ao estudante suficientes recursos para carga cognitiva adequada, verificaram-se situações em que estas actividades não produzem melhores aprendizagens. Porquê? (Moreno, 2006). Algumas contradições não serão devidas à relação entre as características pessoais do estudante e o desenho das actividades? Por exemplo, durante a realização de uma tarefa, o fornecimento de informação adicional pode provocar atenção dividida para uns ou redundância para outros, com consequentes desequilíbrios na gestão da carga cognitiva adequada (J. Sweller, 2006b).

Felizmente as respostas a essas interrogações guiarão os investigadores na procura de novos métodos, na formulação de diferentes interpretações teóricas resultantes das descobertas e na promoção do progresso continuado do desenvolvimento da compreensão alargada do fenómeno da aprendizagem.

Referências

- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge: Harvard University Press.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829-839.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- Brunken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-61.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction., *Cognition & Instruction* (Vol. 8, pp. 293): Lawrence Erlbaum Associates.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149-210.
- Clark, R., Nguyen, F., & Sweller, J. (2006). *Efficiency in learning - evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco: Pfeiffer.
- Cooper, G. (1998). Research into Cognitive load theory and instructional design at UNSW. from http://education.arts.unsw.edu.au/CLT_NET_Aug_97.HTML
- Cooper, G., & Sweller, J. (1987). The effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 79, 347-362.
- Dillenbourg, P., & Bétrancourt, M. (2006). Collaboration load. In J. Elen & R. E. Clark (Eds.), *Handling Complexity in Learning Environments: Theory and Research* (pp. 141-165). Amsterdam: Elsevier.
- Jonassen, D. H., Howland, J., Moore, J., & Marra, R. M. (2003). *Learning to solve problems with technology: a constructivist perspective* (2nd ed.). New Jersey: Merrill Prentice Hall.

- Kester, L. (2003). *Timing of information presentation and the acquisition of complex skills*. Open University Netherland, Heerlen.
- Kirschner, P. A. (2002). Cognitive load theory: implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 1-10.
- Mayer, R. E. (1996). Learning strategies for making sense out of expository text: the SOI model for guiding three cognitive processes in knowledge construction. *Educational Psychology Review*, 8, 357-371.
- Mayer, R. E. (1999a). Research-based principles for the design of instructional messages: the case of multimedia explanations. *Document Design*, 1, 7-20.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 107-119.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52.
- Merriënboer, J. J. G. v., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, 63, 81-97.
- Moreno, R. (2006). When worked examples don't work: Is cognitive load theory at an Impasse? *Learning and Instruction*, 16, 170-181.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*(32), 1-8.

- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Gerven, P. W. M. V. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38(1), 63-71.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: a dual coding approach*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12(1), 61-86.
- Renkl, A., Atkinson, R. K., Maier, U. H., & Staley, R. (2002). From example study to problem solving: smooth transitions help learning. *The Journal of Experimental Education*, 70(4), 293-315.
- Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell, Australia: ACER Press.
- Sweller, J. (2006a). How the human cognitive system deals with complexity. In J. Elen & R. E. Clark (Eds.), *Handling Complexity in Learning Environments: Theory and Research* (pp. 13-25). Amsterdam: Elsevier.
- Sweller, J. (2006b). The worked example effect and human cognition. *Learning and Instruction*, 16, 165-169.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1991). Evidence for cognitive load theory., *Cognition & Instruction* (Vol. 8, pp. 351): Lawrence Erlbaum Associates.
- Sweller, J., & Cooper, G. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2, 59-89.
- Tocci, R. J., Widmer, N. S., & Moss, G. L. (2007). *Digital systems - principles and applications*. New Jersey: Pearson Education.
- Wittrock, M. C. (1990). Generative processes in reading comprehension. *Educational Psychologist*, 24, 345-376.

Glossário

Teoria da carga cognitiva (Cognitive load theory)	Conjunto universal de princípios e linhas orientadoras suportadas na investigação que oferecem os melhores métodos para o desenho e a aplicação de ambientes de instrução que melhor utilizem a capacidade limitada da memória de trabalho.
Carga cognitiva intrínseca (Intrinsic cognitive load)	Carga imposta à memória de trabalho como resultado da quantidade de elementos interactivos no conteúdo que se quer aprender. A carga cognitiva intrínseca é elevada quando múltiplos elementos de conteúdo têm que ser processados na memória de trabalho, como aprender um número de passos na utilização de uma folha de cálculo de cálculo. A carga cognitiva intrínseca é uma característica própria do saber e das capacidades que se treinam, embora possa ser artificialmente reduzida pelo desenho da instrução pela divisão dos conteúdos e respectiva sequência.
Carga cognitiva estranha (Extraneous cognitive load)	Carga imposta à memória de trabalho que utiliza capacidade mental mas não contribui para a aprendizagem. Fontes de carga cognitiva estranha devem ser minimizadas de modo a libertar memória de trabalho para ser destinada aos processos que conduzem à aprendizagem. Alguns exemplos e métodos de instrução que impõem carga cognitiva estranha incluem expressões redundantes de conteúdo, como texto falado sobre uma imagem suficientemente explicativa, ou atenção dividida causada pela separação de um texto explicativo da respectiva imagem.
Carga cognitiva adequada (Germane cognitive load)	Carga imposta à memória de trabalho que utiliza capacidade mental de modo a contribuir para a aprendizagem. Fontes de carga cognitiva adequada devem ser utilizadas para construir modelos mentais apropriados aos objectivos da instrução.
Memória de trabalho (Working memory)	Elemento central da cognição humana responsável pelo processamento activo de informação quando pensamos, resolvemos problemas ou aprendemos. A memória de trabalho tem capacidade e retenção limitadas.
Memória de longo prazo (Long-term memory)	Repositório mental relativamente permanente do conhecimento e das capacidades na forma de esquemas, que facultam os fundamentos da perícia ou habilidade. Os esquemas na memória de longo prazo interagem directamente com a memória de trabalho influenciando a sua capacidade virtual

Esquema (Schema)	Uma estrutura de memória localizada na memória de longo prazo que é o fundamento da perícia ou habilidade. Admite que muitos elementos de informação separados sejam considerados como um único elemento. Esquemas são também chamados modelos mentais. Os esquemas podem ser grandes ou pequenos e crescer ao longo do tempo à medida que a aprendizagem progride.
Exemplos parcialmente resolvidos (Worked examples)	Demonstração passo a passo utilizada para ilustrar como se completa uma tarefa.
Efeito da reversão da perícia (Expertise reversal effect)	Efeito negativo dos métodos de instrução, que ajudam a aprendizagem dos inexperientes, sobre a aprendizagem dos mais experientes. Dado que os mais experientes têm um esquema relativamente grande e significativo para a finalidade da aprendizagem, são capazes de gerir o seu próprio processo cognitivo de aprendizagem sem suporte a instruções externas. Nalguns métodos de instrução como os exemplos parcialmente resolvidos existe interferência na aprendizagem dos mais experientes devido ao conflito entre a instrução e a existência de esquemas.

Adaptado de (R. Clark, Nguyen, & Sweller, 2006)

Anexo 1

Comunicação com Fred Paas relativa a rating scales

Main Identity

From: "Paas, Fred" <Fred.Paas@ou.nl>
To: "Anibal" <anibaloliveira@netcabo.pt>
Sent: sexta-feira, 2 de Fevereiro de 2007 21:39
Attach: mental effort rating scale.pdf
Subject: RE: research study

Dear Anibal,

Sure, always happy if I can help with research on cognitive load theory and the rating scale.

Good luck with your study.
Fred Paas

-----Oorspronkelijk bericht-----

Van: Anibal [mailto:anibaloliveira@netcabo.pt]
Verzonden: do 1-2-2007 22:56
Aan: Paas, Fred
CC:
Onderwerp: research study

Dear Sir,

I have been teaching electronics and electricity at secondary and professional education levels for over 30 years, and I am now taking my Masters Degree in Educational Technologies – Education Sciences, at the Faculty of Psychology and Educational Sciences of the University of Lisbon.

Having completed my first year, I am now carrying out a research study about cognitive load in computer learning environments, the core of my dissertation, to be presented to a jury by October 2007.

I am preparing some worked-out examples in digital circuits which will be applied to a class of 30 students of a professional course, in a quasi-experimental design methodology.

I have read many works and papers about CLT. From among these I must highlight your papers, and publications written by other researchers of the Open University of the Netherlands. These publications have given me essential clues.

To measure instructional efficiency, measuring student scores for mental effort is vital. In my opinion, applying rating scales seems more reasonable than dual task approach. Thus, I have decided to ask for your permission to apply your rating scales in my study. This will enable me to provide the results I seek.

I am open to any suggestions or details you might consider important, so that this study may be useful to CLT research.

07-10-2007

Hoping to hear from you soon,

Best regards

Anibal Oliveira

Anibal Oliveira

anibaloliveira@netcabo.pt

Address:

Rua de Lisboa, 34 (bloco B), 1 B

Amoreira

2645-210 Alcabideche

Portugal

The Paas (1992) Cognitive Load rating scale

In solving or studying the preceding problem I invested

- 1. very, very low mental effort**
- 2. very low mental effort**
- 3. low mental effort**
- 4. rather low mental effort**
- 5. neither low nor high mental effort**
- 6. rather high mental effort**
- 7. high mental effort**
- 8. very high mental effort**
- 9. very, very high mental effort**

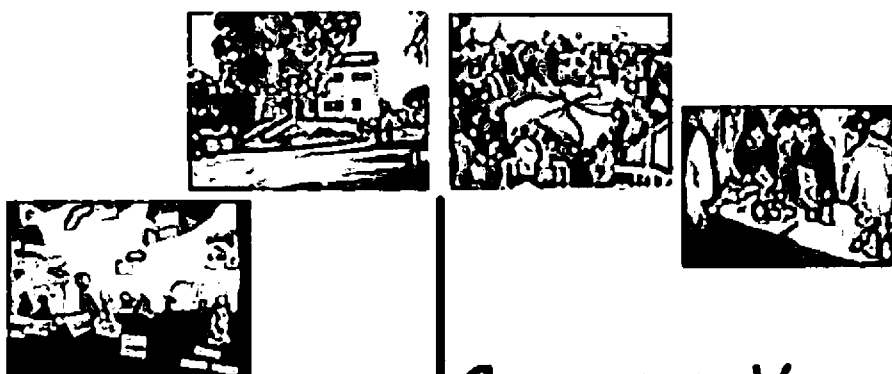
Anexo 2

Entrada na plataforma

Entrada no curso

Descrição do curso

- Utilizadores online: 0



Comunidade Virtual Escola Secundária de Alvide

Bem-vindo !

Este é o espaço de partilha, colaboração e aprendizagem da Escola Secundária de Alvide

Categorias

- Capacidades linguísticas
- Tecnologias de Informação e Comunicação
- Projectos
- Tecnologias
- Sociais e Humanas

Notícias

Neste espaço estarão disponíveis novos meios para colaborar, partilhar e aprender.
Para utilizar estes novos meios informa-te junto dos teus professores .

CVESA

Português (Portugu

Nome de Utilizador Senha Validar
Utilizador

- [Lembrar a senha](#)

Geral

- [Forum](#)

Aprender com tecnologia

Acreditamos verdadeiramente que as tecnologias podem desempenhar importantes papéis ao ajudar, quem aprende, a resolver problemas. (in "Learning to Solve Problems with Technology, David H. Jonassen e outros)

Plataforma [Dokeos 1.6.2](#) © 2007

Administrador : [Executivo C](#)

CVESA - Escola Secundária de Alvide

Digitais - Resolução de problemas_v1 DIGRP1 - Oliveira Aníbal

Sair

Oliveira Aníbal : [Cursos](#) | [Alterar perfil](#) | [Minha agenda](#) | [Gerir Dokeos](#)

- [Utilizadores online: 1](#)
- [Visão do Professor](#)

[CVESA](#) > [Página Principal](#)



Digitais - Resolução de problemas_v1



[Descrição do Curso](#)



[Sequência de Aprendizagem](#)

Plataforma [Dokeos 1.6.2](#) © 2007

Administrador : [Executivo C](#)

[Sair](#)[Oliveira Aníbal](#) : [Cursos](#) | [Alterar perfil](#) | [Minha agenda](#) | [Gerir Dokeos](#)

- [Utilizadores online: 1](#)
- | [Visão do Professor](#)

[CVESA](#) > [Página Principal](#) > [Descrição do Curso](#)

Descrição do Curso

Descrição Geral

A **aprendizagem em ambientes virtuais** coloca desafios quer a quem aprende como a quem ensina. Todos já experimentámos a **facilidade ou a dificuldade** no momento em que realizamos **actividades de aprendizagem**.

A participação nesta iniciativa destina-se a **recolher dados** que permitam **retirar conclusões** sobre as relações entre a **forma como se propõem as tarefas e as dificuldades sentidas na concretização dessas mesmas tarefas**.

Convém distinguir entre **trabalho** (ex: deu muito trabalho resolver o exercício) e **recursos cognitivos** (ex: foi necessário ter muita atenção, memorizar, recordar para resolver o exercício). O que se pretende é que no final da actividade se indique o grau de dificuldade relacionado com os recursos cognitivos usados.

Como esta iniciativa faz parte de um projecto de investigação os **nomes dos participantes e os resultados das suas tarefas são confidenciais** no texto da apresentação da investigação. Pela participação o **nosso agradecimento**.

Objectivos

Com a participação nas actividades deste "curso" em ambiente virtual espera-se que:

- os participantes consolidem os conhecimentos adquiridos em temas básicos e fundamentais do estudo de sistemas digitais;
- experimentem um ambiente de trabalho com características que podem colocar novos desafios;
- consciencializem as facilidades ou dificuldades sentidas;
- expressem o agrado ou o incómodo na execução das actividades propostas

Metodologia

Os objectivos serão atingidos pela participação:

1. numa actividade individual constituída por um conjunto de tarefas a realizar de modo sequencial;
2. numa actividade de grupo onde cada participante pode apresentar um pequeno relato da sua experiência

Material do Curso

Não são necessários materiais.

Os recursos indispensáveis são apresentados no momento da realização das actividades.

Avaliação

Os resultados da realização das tarefas destinam-se a um projecto de investigação do autor deste "curso" (Aníbal Oliveira) relacionado com a utilização de ambientes virtuais na aprendizagem.

O peso relativo destes resultados no processo de avaliação da cadeira será identificado pelo respectivo professor (Eduardo Serranho).

Plataforma Dokeos 1.6.2 © 2007

Administrador : Executivo C

Anexo 3

Sessão 1: problema parcialmente resolvido e problema para resolver

Sessão 2: problema parcialmente resolvido e problema para resolver

Sair

Oliveira Aníbal : [Cursos](#) | [Alterar perfil](#) | [Minha agenda](#) | [Gerir Dokeos](#)

- [Utilizadores online: 1](#)
- [Visão do Aluno](#)
- [Ajuda](#)

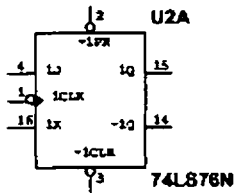
CVESA > [Página Principal](#) > [Exercícios](#) > [Exercício](#)

Sinais de saída num flip-flop JK_2

Considere o flip-flop JK activado por flanco descendente com as características de catálogo seguintes:

74xx76 (Dual JK FF (pre, clr))

This device contains two independent J-K flip-flops with individual J-K, clock, preset, and clear inputs.
JK flip-flop truth table:



PRE	CLR	CLK	J	K	Q	Q̄
0	1	X	X	X	1	0
1	0	X	X	X	0	1
0	0	X	X	X	1	1
1	1	.	0	0	Hold	
1	1	.	1	0	1	0
1	1	.	0	1	0	1
1	1	.	1	1	Toggle	

= pulse triggered (level sensitive)

National Instruments Corporation
Electronics Workbench Group
[Visit Our Website](#)
Voice: (410) 977-5550
Fax: (410) 977-1818

Pergunta 1 / 2

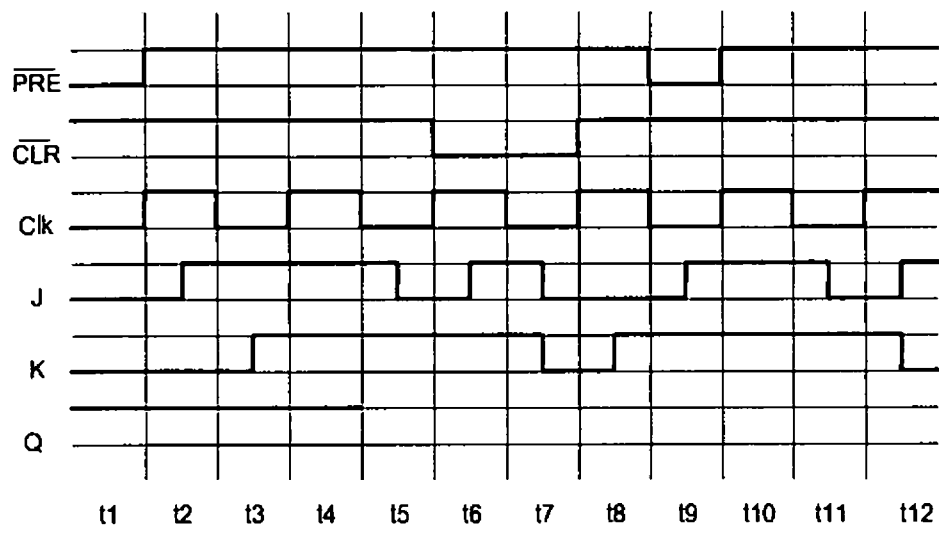
Indicar o valor lógico da saída Q nos intervalos t5; t6; t7; t8; t9; t10; t11 e t12

Observe com atenção o diagrama temporal representado a seguir. Visualiza o andamento dos sinais ao clicar sobre o botão representado na parte inferior do lado direito.

Escolha a alínea correspondente à sequência que considera correcta.



Flip-Flop JK activado por flanco descendente



- ☐ 1;1;0;0;1;1;0;0
- ☐ 0;0;0;0;1;1;0;0
- ☐ 1;1;1;1;1;1;0;0
- ☐ 1;0;0;1;0;0;0;0
- ☐ 1;1;0;0;1;1;1;1

Seguiente >

Sair

Oliveira Aníbal : [Cursos](#) | [Alterar perfil](#) | [Minha agenda](#) | [Gerir Dokeos](#)

- [Utilizadores online: 1](#)
- [Visão do Aluno](#)
- [Ajuda](#)

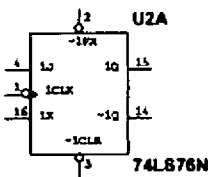
CVESA > [Página Principal](#) > [Exercícios](#) > [Exercício](#)

Sinais de saída num flip-flop JK_final

Considere o flip-flop JK activado por flanco descendente com as características de catálogo seguintes:

74xx76 (Dual JK FF (pre, clr))

This device contains two independent J-K flip-flops with individual J-K, clock, preset, and clear inputs.
JK flip-flop truth table:



PRE	CLR	CLK	J	K	Q	Q̄
0	1	X	X	X	1	0
1	0	X	X	X	0	1
0	0	X	X	X	1	1
1	1	-	0	0	Hold	
1	1	-	1	0	1	0
1	1	-	0	1	0	1
1	1	-	1	1	Toggle	

- = pulse triggered (level sensitive)

National Instruments Corporation
Electronics Workbench Group
[Visit Our Website](#)
Voice: (416) 977-5550
Fax: (416) 977-1818

Pergunta 1 / 4

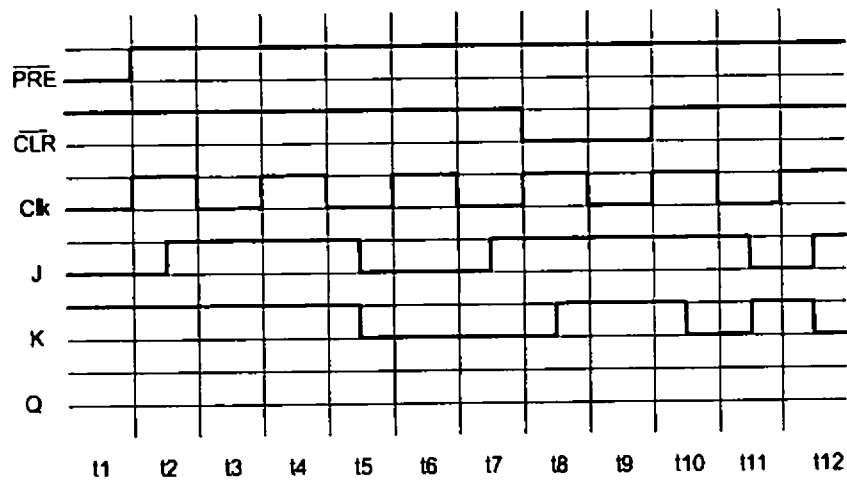
Indicar o valor lógico da saída Q nos intervalos t1; t2; e t3

Observe com atenção o diagrama temporal representado a seguir. Visualiza o andamento dos sinais ao clicar sobre o botão representado na parte inferior do lado direito.

Escolha a alínea correspondente à sequência que considera correcta.



Flip-Flop JK activado por flanco descendente



- ☐ 0;0;1
- ☐ 1;1;1
- ☐ 1;1;0
- ☐ 1;0;1
- ☐ 0;0;0

Seguiente >

Sair

Oliveira Aníbal : [Cursos](#) | [Alterar perfil](#) | [Minha agenda](#) | [Gerir Dokeos](#)

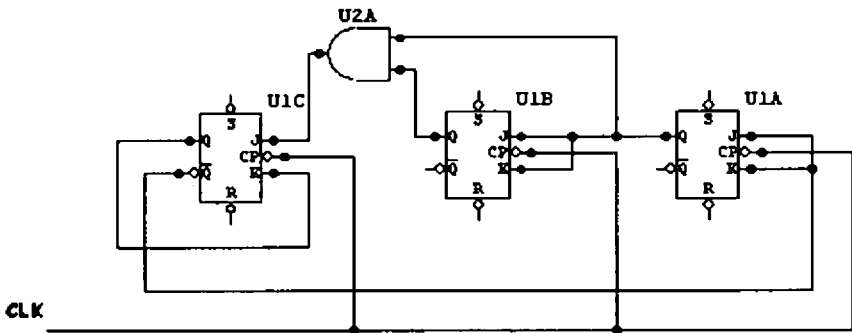
- [Utilizadores online: 3](#)
- [Visão do Aluno](#)
- [Ajuda](#)

CVESA > [Página Principal](#) > [Exercícios](#) > [Exercício](#)

Estudo de um circuito sequencial parcialmente resolvido

A figura representa um circuito sequencial, formado por uma cadeia de três elementos de memória do tipo JK, capaz de gerar uma sequência em binário.

Considera-se o estado inicial QA=QB=QC=0 e QC o bit mais significativo.



Explique a sequência produzida pelo circuito, respondendo sucessivamente às perguntas que se seguem.

NOTA: Por limitações de escrita simbólica neste editor tome nota -> ~QB significa "saída negada Q do flip flop B"

Pergunta 1

Faça corresponder às entradas as equações lógicas que considera correctas

As primeiras três são:

$JC = QA.QB$

$KC = QC$

$JB = QA$

1. $KB =$

2. $JA =$

3. $KA =$

☐☐☐

A. ~QC

B. QA

C. QC

D. 1

E. 0

Pergunta 2

Complete a tabela das transições:

Verifique o preenchimento correspondente aos primeiros 4 impulsos:

	Estado presente						Estado futuro					
	QC	QB	QA	JC	KC	JB	KB	JA	KA	QC	QB	QA
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
2	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
3	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
4	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0
5	1	0	0									
6	1	0	1									
7	1	1	0									
8	1	1	1									

No impulso 5: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
QA=

No impulso 6: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
QA=

No impulso 7: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
QA=

No impulso 8: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
QA=

Pergunta 3

O circuito em estudo é:

Um contador síncrono mod.5, porque as sequências geradas, em binário, variam entre 000 e 100.


Compreendi a metodologia para analisar um circuito sequencial ?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Validar

Sair

Oliveira Aníbal : [Cursos](#) | [Alterar perfil](#) | [Minha agenda](#) | [Gerir Dokeos](#)

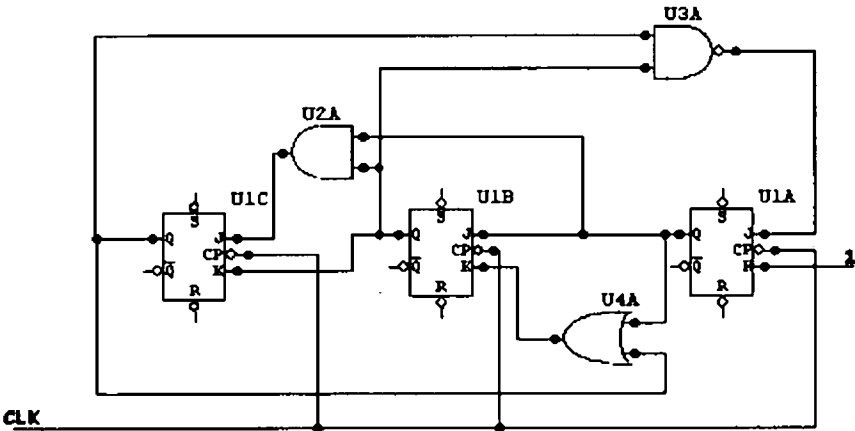
- [Utilizadores online: 3](#)
 - [Visão do Aluno](#)
 -  [Ajuda](#)

CVESA > [Página Principal](#) > [Exercícios](#) > [Exercício](#)

Estudo de um circuito sequencial

A figura representa um circuito sequencial, formado por uma cadeia de três elementos de memória do tipo JK, capaz de gerar uma sequência em binário.

Considera-se o estado inicial QA=QB=QC=0 e QC o bit mais significativo.



Explique a sequência produzida pelo circuito, respondendo sucessivamente às perguntas que se seguem.

NOTA: Por limitações de escrita simbólica neste editor tome nota -> ~QB significa "saída negada Q do flip flop B"

Pergunta 1

Faça corresponder às entradas as equações lógicas que considera correctas

- | | | |
|---------|--------------------------|-------------|
| 1. JC = | <input type="checkbox"/> | A. QB+QA |
| 2. KC = | <input type="checkbox"/> | B. QB.QA |
| 3. JB = | <input type="checkbox"/> | C. QB |
| 4. KB = | <input type="checkbox"/> | D. QA |
| 5. JA = | <input type="checkbox"/> | E. 1 |
| 6. KA = | <input type="checkbox"/> | F. QA.QC |
| | | G. ~(QB.QC) |

H. QA+QC

I. ~QB.~QC

Pergunta 2

Complete a tabela das transições:

	Estado presente						Estado futuro					
	QC	QB	QA	JC	KC	JB	KB	JA	KA	QC	QB	QA
1	0	0	0									
2	0	0	1									
3	0	1	0									
4	0	1	1									
5	1	0	0									
6	1	0	1									
7	1	1	0									
8	1	1	1									

No impulso 1: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
 QA=

No impulso 2: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
 QA=

No impulso 3: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
 QA=

No impulso 4: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
 QA=

No impulso 5: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
 QA=

No impulso 6: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
 QA=

No impulso 7: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
 QA=

No impulso 8: JC= KC= JB= KB= JA= KA=
 QA=

Pergunta 3

O circuito em estudo é:

- ☐ um contador síncrono mod.3
- ☐ um contador assíncrono
- ☐ um contador síncrono mod.7
- ☐ detector da sequência 001
- ☐ um contador síncrono mod.6

Validar

Anexo 4

Rating scale

Escala de valor (rating scale) da carga cognitiva (Paas, 1992)

Na resolução ou estudo do problema anterior investi:


1. Esforço mental muito muito pequeno
2. Esforço mental muito pequeno
3. Esforço mental pequeno
4. Esforço mental pouco pequeno
5. Esforço mental nem pequeno nem elevado
6. Esforço mental pouco elevado
7. Esforço mental elevado
8. Esforço mental muito elevado
9. Esforço mental muito muito elevado

Anexo 5

Exemplo de um registo de resultados

Sair

Oliveira Aníbal : Cursos | Alterar perfil | Minha agenda | Gerir Dokeos

- Utilizadores online: 2
- Visão do Aluno
-  Ajuda

CVESA > Página Principal > Utilizador > Estatísticas

Estatísticas

Estatísticas do utilizador

Estatísticas de :

- Primeiro nome : Fábio
- Último nome : Dias
- Correio Electrónico : Não há uma morada de correio electrónico específica

Mostrar todos

Não mostrar nenhum

Acessos e utilização das ferramentas

Fechar

Carregue no mês para ver mais detalhes

Mês	Número de acessos
Junho 2007	3
Total	3

Resultados dos exercícios feitos

Fechar

Pontuações obtidas nos exercícios

Exercício	Data	Pontuação
Estudo de um circuito sequencial	25 de Junho de 2007 às 15:24	79 / 100
Questionário	04 de Junho de 2007 às 14:57	3 / 45
Questionário	25 de Junho de 2007 às 15:20	7 / 45
Sinais de saída num flip-flop JK_1	04 de Junho de 2007 às 14:37	10 / 10
Sinais de saída num flip-flop JK_2	04 de Junho de 2007 às 14:51	20 / 20
Sinais de saída num flip-flop JK_final	04 de Junho de 2007 às 14:56	100 / 100

trabalhos enviados

Fechar

Trabalhos enviados para o curso pelo estudante em nome de "Autores"

Título	Autores	Data
Não há resultados		

Ligações

Fechar

Ligações visitadas pelo estudante

Ligação
Não há resultados

- Documentos [Fechar]

Documentos descarregados pelo estudante

Documento
Não há resultados

- Sequência de Aprendizagem - Cursos em formato Scorm [Fechar]

Título			
Flip-flop JK			
	Lição/Etapa	Estado	Resultado
	módulo_1		
	Sinais de saída num flip-flop JK_1	completed	10
	Sinais de saída num flip-flop JK_2	completed	20
	Sinais de saída num flip-flop JK_final	completed	100
	Questionário	completed	3

Circuitos Sequenciais

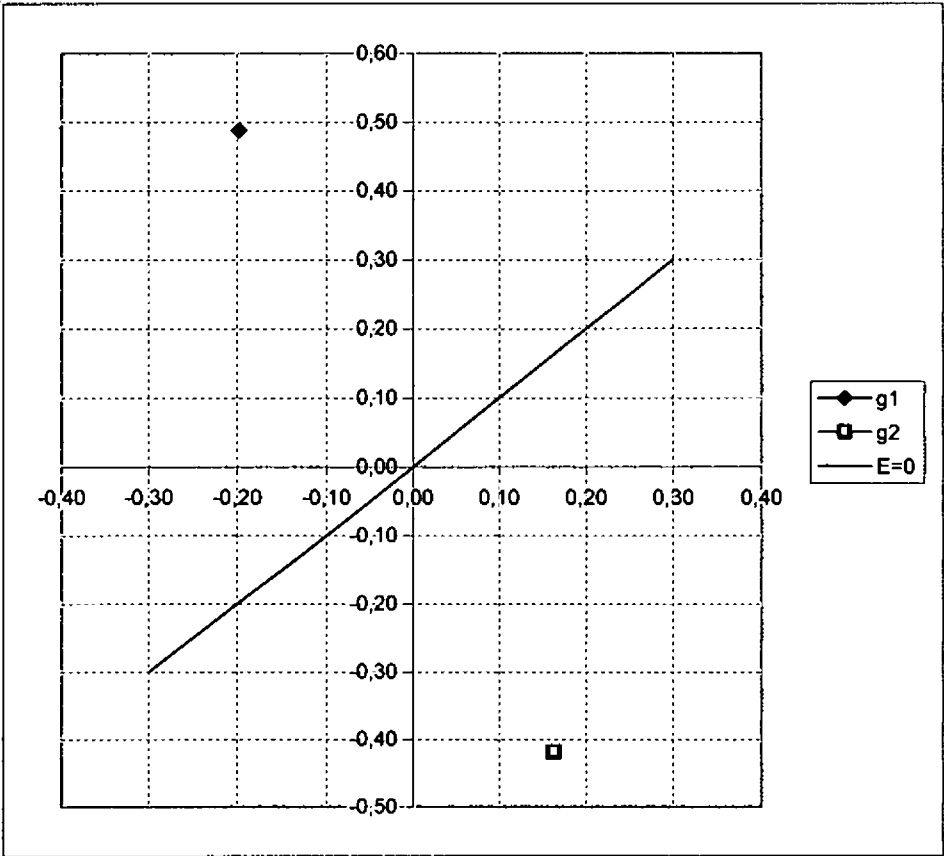
Anexo 6
Recolha de dados e respectivo tratamento estatístico

Experiência 1

	Teste 1	zteste1	rating scale	zratingscale
Aluno A1	100	0,49	5	0,26
Aluno A2	100	0,49	3	-1,12
Aluno A3	100	0,49	3	-1,12
Aluno A4	100	0,49	5	0,26
Aluno A5	100	0,49	5	0,26
Aluno A6	100	0,49	5	0,26
média de z (v1)		0,49		-0,20
Aluno B1	50	-2,68	5	0,26
Aluno B2	100	0,49	5	0,26
Aluno B3	100	0,49	6	0,95
Aluno B4	75	-1,10	7	1,64
Aluno B5	100	0,49	3	-1,12
Aluno B6	75	-1,10	6	0,95
Aluno B7	100	0,49	2	-1,81
média de z (v2)		-0,42		0,16
médias globais	92,31		4,62	
desvios globais	15,76		1,45	

g1 - grupo 1 com exemplos resolvidos
g2 - grupo 2 sem exemplos resolvidos

eficiência g1 0,486
eficiência g2 -0,413



Experiência 2

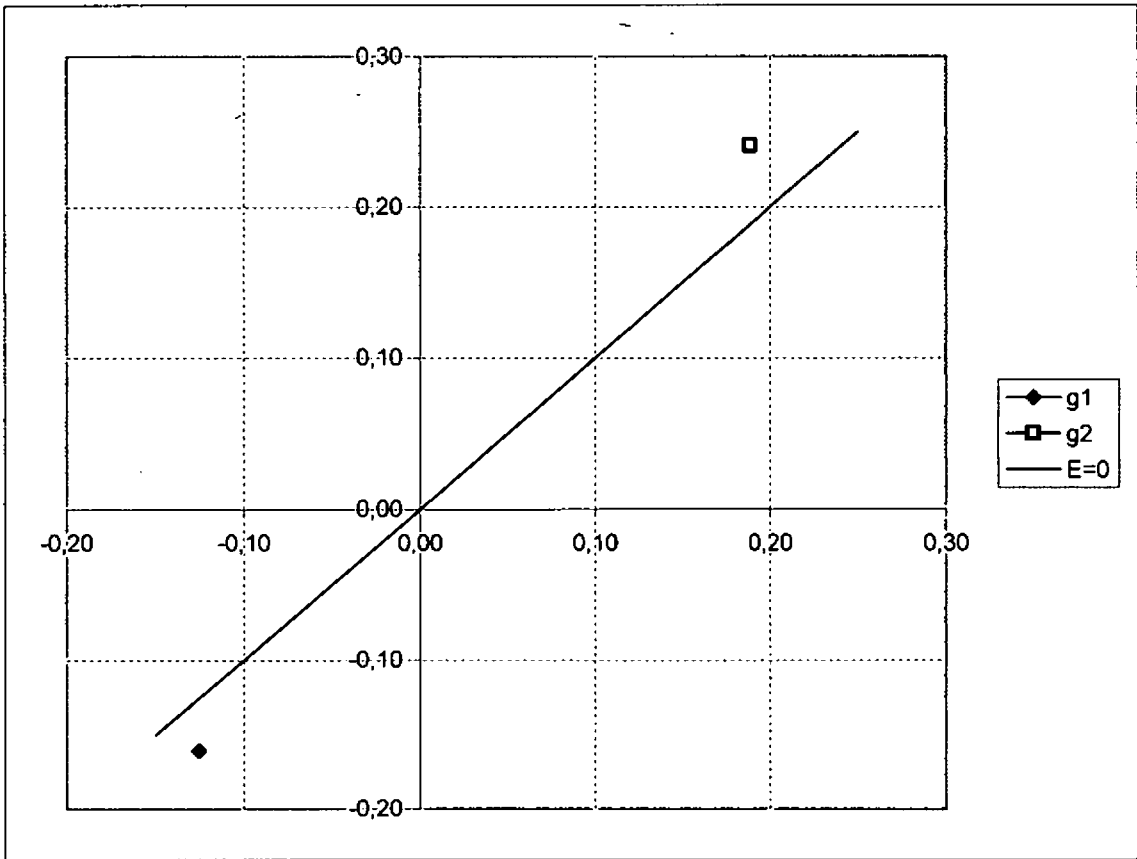
	teste 2	zteste2	rating scale	zratingscale
Aluno A1	84	0,28	5	-0,75
Aluno A2	64	-0,40	3	-2,26
Aluno A3	79	0,11	7	0,75
Aluno A4	100	0,83	6	0,00
Aluno A5	0	-2,59	7	0,75
Aluno A6	99	0,80	7	0,75
média de z (g1)		-0,16		-0,13
Aluno B1	73	-0,09	5	-0,75
Aluno B2	81	0,18	7	0,75
Aluno B3	77	0,04	7	0,75
Aluno B4	100	0,83	6	0,00
média de z (g2)		0,24		0,19
médias globais	75,70		6,00	
desvios globais	29,27		1,33	

g1 - grupo 1 sem exemplos resolvidos

g2 - grupo 2 com exemplos resolvidos

eficiência g1 -0,025

eficiência g2 0,038



Anexo 7

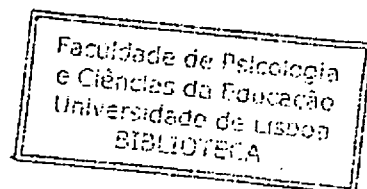
Guião do questionário utilizado na entrevista aos alunos e transcrição de uma resposta

Guião do questionário utilizado na entrevista aos alunos

P1. Acha que os problemas apresentados nas experiências questionavam assuntos que nunca tinha estudado? Os assuntos fizeram parte do programa de estudo?

P2. Qual foi a maior dificuldade que sentiu durante a realização das actividades? O ambiente online? O questionário?

P3. Qual foi a actividade que mais lhe agradou?



Transcrição de uma resposta como exemplo

P1. Acha que os problemas apresentados nas experiências questionavam assuntos que nunca tinha estudado? Os assuntos fizeram parte do programa de estudo?

R1. Do meu ponto de vista fizeram sempre parte do programa de estudo, sim.

P2. Qual foi a maior dificuldade que sentiu durante a realização das actividades? O ambiente online? O questionário?

R2. Dificuldade foi só numa tabela de estado actual para estados futuros... não ter possibilidade de preencher logo na altura, mas sim estava colocada cá em baixo para passar as respostas e isso atrapalhava um bocado quem não tinha grande à vontade...

P2a. ...A interface do computador não ajudou?

R2a. Não... é só nessa questão para ser mais específico. De resto estava tudo bem.

P2b. O questionário? As diferenças entre as opções eram muito pequenas.

R2b. Não. Assim é que tem de ser, acho eu.

P3. Qual foi a actividade que mais lhe agradou?

R3. Penso que a segunda.